

Arto Saari

Sähkön pääjakelun mitoitus korkeaan rakennukseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Talotekniikan koulutusohjelma
Insinöörityö
30.4.2012

Tekijä(t) Otsikko	Arto Saari Sähkön pääjakelun mitoitus korkeaan rakennukseen
Sivumäärä Aika	30 sivua + 4 liitettä 30.4.2012
Tutkinto	insinööri
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	rakennusten sähkö- ja tietotekniikka
Ohjaaja(t)	toimitusjohtaja Tapani Sahlström projekti -insinööri Jari Säteri yliopettaja Torsti Viilo
<p>Insinöörityössä tavoitteena oli mitoittaa sähkön pääjakeluverkko korkeaan rakennukseen ja samalla pohtia, mitkä asiat voivat suuresti vaikuttaa verkon rakenteeseen. Työssä tarkastellaan miten verkkolaskentaohjelman käyttö onnistuu kohteessa, jossa mitoitettavia osia on paljon. Mitoitettavana kohteena työssä oli Espooseen suunnitteilla oleva Keilaranta Tower ja mitoitukseen käytettiin ABB DOC-verkkolaskentaohjelmaa.</p> <p>Mitoitusta varten rakennukselle laskettiin kaikki tarvittavat tehotiedot ja arvioitiin energiankulutus. Sen jälkeen jakeluverkko hahmoteltiin vastaamaan vaatimuksia ja tarpeita. Hahmotelman jälkeen verkosta piirrettiin nousujohtokaavio ja lopuksi verkko mitoitettiin ABB DOC-ohjelmalla toimivaksi.</p> <p>Verkosta saatiin tehtyä hyvä alustava mitoitus, jota on helppo tarvittaessa tarkentaa. Suunnittelussa tehdyt ratkaisut ovat yleisesti toteutuskelpoisia, mutta mittaroinnin toteutustapaa on yritetty viedä sellaiseen suuntaan, jossa mittareiden etälukumahdollisuutta hyödynnettäisiin paremmin kuin nykyään. ABB DOC-ohjelmalla tehty mitoitus on toimiva, ja sen tekeminen onnistui hyvin. Ohjelmassa kuitenkin arvojen muuttaminen suureen verkkoon on työlästä ja paikoin hidasta. Lisäksi verkkoon tarvittavan kasvuvarauksen saavuttamiseksi, useimmat komponentit verkossa täytyy määritellä käsin. Ohjelmasta saatavat tulokset ovat kuitenkin erittäin hyödyllisiä ja pakollisia suunnittelun kannalta.</p> <p>Työstä jäi Insinööritoimisto SIR-Sähkölle hyödylliset kuvat ja laskelmat verkon mahdollista jatkokäsittelyä varten. Lisäksi työn edetessä nousi esille erilaisia asioita, joihin suunnitteluvaiheessa täytyy erityisesti kiinnittää huomiota ja käyttää aikaa.</p>	
Avainsanat	korkea rakennus, sähkön pääjakelu, mitoitus, ABB DOC

Author(s) Title	Arto Saari Dimensioning a distribution network to a high building
Number of Pages Date	30 pages + 4 appendices 30 April 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	Electrical Engineering for Building Services
Instructor(s)	Tapani Sahlström, Chief executive officer Jari Säteri, Project engineer Torsti Viilo, Principal lecturer
<p>The goal of this final year project was to design a main distribution network to a high building and to consider what things may affect the shape of the network. The work also meant to discuss how network dimensioning software works in a large building.</p> <p>For the dimensioning of the building all necessary information was calculated and the network was drafted according to the requirements and needs. After drafting, the actual riser drawing was made and finally the actual network dimensioning could be done with the dimensioning software ABB DOC.</p> <p>The methods used in the design are generally executable, but the metering system was taken to a direction where the meter remote access abilities were to be used in a more effective way. The dimensioning of the network with the ABB DOC software was a success, but in a building like this changing multiple values of multiple components one by one takes lots of time. However, the calculation results are versatile and the actual drawing of the network is fast and easy. The result is a good preliminary design of the distribution network which can easily be adjusted according to revised plans and needs.</p>	
Keywords	dimensioning, distribution, network, high building, ABB DOC

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Pilvenpiirtäjät ja korkeat rakennukset	2
2.1	Yleisesti pilvenpiirtäjistä	2
2.2	Pilvenpiirtäjät maailmalla	2
2.3	Pilvenpiirtäjät Suomessa	3
3	Keilaranta Tower	3
3.1	Lähtökohdat	4
3.2	Haasteet	6
4	Mitoitus	6
4.1	Mitoitusperusteet	6
4.2	Laskelmat ja verkon rakenteen muodostuminen	8
4.2.1	Liittymä, keskijännitekojeistot ja muuntajat	9
4.2.2	Keskukset	10
4.2.3	Nousut	12
4.2.4	Varavoima ja UPS	14
4.2.5	Energianmittaus	14
4.3	Laskelmat verkkolaskentaohjelmalla	16
4.3.1	Asetukset	16
4.3.2	Verkon piirtäminen	17
4.3.3	Laskenta, automaattiset ja käsintehdyt määritykset	20
4.3.4	Laskentaohjelman soveltuminen isoille kohteille	22
5	Tulosten tarkastelu	23
5.1	Verkon pahin piste	23
5.2	Selektiivisyys	25
5.3	Muita huomioita	27
6	Pohdintaa	28
	Lähteet	30

Liitteet

Liite 1. Keilaranta Towerin nousujohtokaavio

Liite 2. Keilaranta Towerin pohjakuvat [4] ja kojeiden sijoituspaikat

Liite 3. ABB DOC-ohjelmalla tehty mitoituslaskelma

Liite 4. Osa ABB DOC-mitoituslaskelman kaapeliluettelosta

1 Johdanto

Suomessa ei vielä ole innostuttu rakentamaan korkeita rakennuksia, kuten muualla maailmassa. Vähitellen siihen suuntaan ollaan kuitenkin menossa, ja muutamia korkeita rakennuksia on jo suunnitteilla. Keilaranta Tower olisi nyt valmistuttuaan Suomen korkein toimistorakennus. Se on suunniteltu sijoitettavaksi Espoon Keilaniemeen, suurten suomalaisten yritysten pääkonttoreiden läheisyyteen.

Tässä työssä aiheena on tehdä alustava mitoitus sähkön pääjakeluverkosta Keilaranta Toweriin. Lisäksi työssä on tarkoitus herättää hieman ajatuksia siitä, mihin asioihin kannattaa kiinnittää huomiota jo suunnittelun alkuvaiheessa. Varsinainen mitoitus tehdään ABB DOC-verkkolaskentaohjelmalla, ja sen toimivuutta on tarkoitus tutkia tämän tyyppisessä kohteessa.

Insinööriyön aihe on peräisin Insinööritoimisto SIR-Sähkö Oy:ltä. Keilaranta Towerin rakentamisen aloituksesta ei ole vielä varmuutta. Insinööritoimisto SIR-Sähkö Oy on tehnyt hankevaiheen suunnittelua kohteeseen muutaman vuoden aikana. Kohteesta on tarkoitus tehdä sellaiset kuvat, joita voisi projektin käynnistyessä muokata ja käyttää hyväksi varsinaisessa mitoituksessa.

2 Pilvenpiirtäjät ja korkeat rakennukset

2.1 Yleisesti pilvenpiirtäjistä

Yleisesti pilvenpiirtäjä tarkoittaa arkkitehtuuriselta korkeudeltaan yli 100 metriä korkeaa rakennusta, joidenkin tahojen mielestä alaraja pitäisi olla 150 metriä. Pilvenpiirtäjät ovat yleisesti suurten kaupunkien maamerkkejä. Suuret yritykset haluavat näkyvän pääkonttorin, jolloin usein päädytään rakentamaan pilvenpiirtäjä. Koko rakennus ei välttämättä tule omaan käyttöön, vaan ylimääräinen tila voidaan vuokrata muuhun toimintaan. Kaupunkien keskustat ovat yleisesti kysyttyä aluetta ja siellä liikkuu paljon ihmisiä, joten sinne kannattaa rakentaa. Kun kaupungit kasvavat voimakkaasti, ne yleensä laajenevat sivusuunnassa, jolloin liikerakennukset eivät enää mahdu keskustan alueelle. Ainoa tapa käyttää keskustan alue tehokkaasti, on rakentaa rakennuksiin enemmän kerroksia. Pilvenpiirtäjien alkuaikoina edellytyksenä rakennusten toteutukselle oli hissien kehitys ja teräsrunkorakenne, joka kesti esimerkiksi tuulikuormia paremmin kuin tiili. [1.]

2.2 Pilvenpiirtäjät maailmalla

Maailmalla pilvenpiirtäjiä on rakennettu jo vuosikymmenten ajan. Jo 1930-luvulla rakennettiin yli 300 metriä korkeita rakennuksia, kuten Empire State Building. Euroopassa kaupunkien keskustat kehittyivät nopeasti ennen pilvenpiirtäjien rakennustekniikkaa ja siitä syystä Euroopassa niitä ei ole kovinkaan montaa. Vuoteen 1989 asti maailman kymmenen korkeinta toimisto- tai asuinrakennusta sijaitsivat Yhdysvalloissa, mutta vuonna 2009 kymmenen korkeimman joukosta enää yksi sijaitsi Yhdysvaltojen maapereällä. Lähi -Itä ja Aasia ovat omineet nimiinsä korkeimmat toimisto- ja asuinrakennukset, esimerkiksi vuonna 2010 Yhdistyneisiin Arabiemiraatteihin valmistunut Burj Khalifa on 828 metriä korkea. Se on yli 300 metriä korkeampi kuin aiempi maailman korkein pilvenpiirtäjä Taipei 101 Taiwanissa. Aasiassa on kuitenkin suunnitelmassa vieläkin korkeampia rakennuksia. Japaniin on suunniteltu X-Seed 4000-nimistä rakennusta, joka olisi noin 4 000 metriä korkea ja 80- kerroksinen pilvenpiirtäjä. [1; 2.]

2.3 Pilvenpiirtäjät Suomessa

Suomessa rakennusten kasvusuunta on yleisesti painottunut enemmänkin leveyteen kuin korkeuteen. Yleensä korkeilla rakennuksilla pyritään pitämään ihmiset lähellä kaupunkien keskustaa ja hyvien kulkuyhteyksien lähellä. Suomen korkein toimistorakennus on Espoon Keilaniemessä sijaitseva Fortumin pääkonttori, joka on korkeudeltaan 84 metriä. Korkein asuinrakennus on Helsingin Vuosaaressa sijaitseva Cirrus, jonka korkeus on 87,5 metriä. Vähitellen kuitenkin kasvatetaan rakennusten korkeutta myös Suomessa. Muun muassa Länsimetron rakentaminen on kiihdyttänyt hankkeita Espoon suunnalla. Keilaniemeen on suunnitteilla neljä jopa 140 metriä korkeaa asuinkerrosta-loa, joista ensimmäisen on kaavailtu valmistuvan Länsimetron kanssa samaan aikaan, vuonna 2015 [3]. Lisäksi aivan niiden viereen Espoon Keilaniemeen on suunnitteilla 111 metriä korkea toimistorakennus, Keilaranta Tower. Maailman mittakaavalla ne ovat melko pieniä, ja suurin syy tähän lienee se, ettei Suomessa ole pakottavaa tarvetta kasvattaa rakennusten korkeutta pienen väkiluvun takia. Suomen mittakaavassa tällaiset mainitut projektit ovat kuitenkin suuria, ja niiden suunnittelu vaatii paljon pohdintaa.

3 Keilaranta Tower

Keilaranta Tower on suunniteltu kilpailukykyiseksi ja kustannustehokkaaksi toimistorakennukseksi. Nyt valmistuessaan se olisi Suomen korkein toimistorakennus muiden alueen tunnusomaisten maamerkkien joukossa. Keilaranta Towerin rakennustöiden alkamisajankohdasta ei ole vielä varmuutta. Tällä hetkellä sen tiloihin etsitään toimitilaa tarvitsevia yrityksiä. Ennen kuin rakennuksen tarve on varmistettu, ei sen rakentamista ole syytä aloittaa.

Lisäksi rakennus on suunniteltu niin korkeaksi, että tuulen vaikutukset joudutaan ottamaan huomioon. Tuulen vaikutuksia on tutkittu muun muassa pienoismallilla, koska rakennus tulee heilumaan tuulessa. Tätä korostaa vielä se, että rakennus on meren rannalla eikä sen ympärillä ole juurikaan esteitä. Kuvassa 1 on kartta Keilaniemestä ja Keilaranta Towerin sijainnista.



Kuva 1. Keilaranta Towerin sijainti [4].

Keilaniemeen on jo oman pääkonttorinsa rakentanut osa Suomen suurimmista yrityksistä kuten Fortum, Kone, Neste Oil ja Nokia. Lisäksi alueella on useita pienempiä yrityksiä. Alue onkin vähitellen muuttunut yritysmaailman keskittymäksi. Rakenteilla oleva Länsimetro lisää alueen arvoa ja tonttien kysyntää, joten alue tulee varmasti kasvamaan entisestään. Keilaniemessä tosin ei Keilaranta Towerin rakentamisen jälkeen olisi juurikaan tyhjää tilaa, mutta lähialueille halutaan varmasti rakentaa.

3.1 Lähtökohdat

Keilaranta Tower on ollut hankesuunnittelu vaiheessa vuodesta 2005. Sen muoto ja koko on vaihtunut muutamia kertoja alkuperäisistä suunnitelmista vuosien varrella, mutta hankesuunnitteluvaiheessa ideana onkin saada rakennus vastaamaan käyttäjän tarpeita. Tällä hetkellä rakennukseen mahtuu yhteensä 80 eri käyttäjää kerroksiin 3–7 ja 9–25. Yhteensä tiloissa tulisi olemaan noin 3 000 työpistettä. Sen lisäksi rakennuksen kahteen ensimmäiseen kerrokseen on suunniteltu ravintola, kahvila, kokoustiloja ja

auditorio. Rakennuksen alapuolelle on kaavailtu kaksi kerrosta pysäköintitilaa. Lisäksi molemmissa kellarikerroksissa olisi varasto-, sosiaalityö- ja kuntosali. Sosiaalityötilat on myös suunniteltu siten, että ne voidaan tarvittaessa muuttaa väestönsuojiksi. Ylimpään kerrokseen on suunnitteilla saunatilat ja kattoterassi, jonka lisäksi katolle olisi tulossa helikopterin laskualue. Kiinteistötekniikkaa varten on varattu yksi kokonainen kerros rakennuksen puolivälistä, kerroksesta kahdeksan. Rakennuksen yhteyteen on suunniteltu seitsemäkerroksinen parkkitalo, jonka kaksi alinta kerrosta olisivat yhteydessä Keilaranta Towerin kellarikerrokseen. Pysäköintitilaa on suunniteltu yhteensä noin 1 000 autolle. Lisäksi parkkitalossa on maan tasolla liiketila.

Toimistotiloista halutaan tehdä mahdollisimman monipuoliset ja niiden muunneltavuuteen panostetaan paljon. Kaikille käyttäjille halutaan antaa mahdollisuus tehdä tiloista juuri sellaiset, kuin heidän tarpeensa vaatii. Rakennus muodostuu kolmesta sakarasta, ja jokainen sakara on jaettu puoliksi kahdelle mahdolliselle käyttäjälle. Ylöspäin mentäessä sakarat vähenevät siten, että vain yksi saavuttaa 111 metrin korkeuden (kuva 2). Koko kompleksiin on suunniteltu yhteensä 11 hissiä, joista viisi kulkee ylös asti. Yksi hisseistä on tarkoitettu tavarahissiksi ja sen kuilu on palosuojattu, jolloin hätätilanteessa se toimii myös palokunnan hissinä.



Kuva 2. Keilaranta Tower, vasemmalla Fortumin pääkonttori.

Keilaranta Towerille pyritään saamaan vähintään Gold-tason LEED-sertifikaatti, mutta mahdollisuuksien mukaan jopa Platinum-taso. Sertifikaatin antamisesta päättää riippumaton kolmas osapuoli US Green Building Council. Pisteitä annetaan energiatehokkuudesta, maankäytöstä, rakennusmateriaaleista ja muista vastaavista osa-alueista. [4.]

3.2 Haasteet

Sähkösuunnittelun kannalta Keilaranta Tower on mielenkiintoinen kohde, ja sen suunnittelu tarjoaa paljon erilaisia haasteita. Nykyään yrityksillä voi olla toimipisteitä eripuolilla Suomea ja mahdollisesti voimassa oleva sähkösopimus tietyn sähköyhtiön kanssa. Tämänäköisessä kohteessa yhden sähkölaskun jakaminen tasapuolisesti käyttäjien kesken on suuritöistä. Siitä syystä on järkevämpää, että jokainen käyttäjä voi tehdä oman sähkösopimuksen. Käytännössä tämä tarkoittaa sähkömittaria jokaiselle käyttäjälle, ja sen toteuttaminen sähköjakeluyhtiön hyväksymällä tavalla on haastavaa. Toimistojen keskukset varustetaan UPS (Uninterruptible Power Supply) -osiolla, ja suunnitteluvaiheessa mahdollisen UPS-laitteiston mitoitus vaikuttaa verkon henkilösuojausvarmistamiseen. Toimistojen sähköistyksessä tilojen muuttaminen ja muovautuvuus täytyy tehdä helpoksi, jotta jokainen käyttäjä voi tehdä tiloista itselleen sopivan.

4 Mitoitus

4.1 Mitoitusperusteet

Kiinteistö liitetään Fortum Espoo Distribution Oy:n 20:n kV sähköverkkoon. Sähköä syötetään jakeluverkon haltijan rengasverkosta, jolloin sähkönsyöttö on mahdollista kahdesta eri suunnasta. Tämä mahdollistaa sen, että mikäli ensisijaisesti kiinteistöä syöttävä verkko vikaantuu tai katkaistaan huollon vuoksi, voidaan sähkö ottaa toissijaisesta verkosta. Verkot eivät kuitenkaan ole samanaikaisesti toiminnassa, vaan rengas on auki. Keilaranta Towerissa kiinteistöön sijoitettavat muuntajat ovat tässä suunnitelmassa kiinteistön omaisuutta, ja kiinteistö vastaa niiden ylläpidosta.

Kiinteistön sähköverkon mitoituksessa käytetään hyväksi tyypillisesti toimistorakennuksissa toteutuneita neliötehoja. Sähkötietokortissa 13.31 [5] on malleja erilaisten raken-

nusten neliötehoista. Lisäksi suuntaa on katsottu myös Insinööritoimisto SIR -Sähkö Oy:n suunnittelemien toimistoprojektien toteutuneista neliötehoista.

Neliöteho riippuu tilan tai kerroksen käyttötavasta, ja se sisältää valaistuksen, pisto- rasioiden ja muiden pienten sähkölaitteiden keskimääräiset sähkötehot yhtä neliömetriä kohti. Siihen voidaan myös sisällyttää vaadittava varaus mahdollisten myöhempien asennusten lisäykseen. Yleisesti varaudutaan noin 20—30 prosentin huipputehon lisä- ykseen.

Kiinteistön suuret sähkölaitteet on aina laskettava omina kokonaisuuksinaan eikä niitä yleensä sisällytetä neliötehoihin. Tällaisia laitteita ovat muun muassa keittiölaitteet, ilmanvaihto- ja jäähdytyskoneet, lämmönjakokeskukset, savunpoisto/ylipaineistus ja hissit. Suurten laitteiden koko on rakennukselle yksilöllistä ja ne pitää mitoittaa tapaus- kohtaisesti, jottei sähköverkkoa yli- tai alimitoitettaisi. Ylimitoituksella materiaalien hin- ta kasvaa tarpeettomasti, koska saatetaan joutua käyttämään kokoa suurempia kom- ponentteja. Alimitoitus saattaa puolestaan kuormittaa verkon osia liikaa, jolloin esimer- kiksi kaapeleiden käyttöikä pienenee. Lisäksi mahdollinen laajentaminen myöhemmässä vaiheessa ei välttämättä onnistu toivotulla tavalla.

Kohteen neliötiedot saadaan arkkitehdin kuvista ja laskelmista. Tarkempaan tehojen mitoittamiseen tarvittavat neliömäärät täytyy eritellä kuvista itse. LVI-laitteiden ja järjes- telmien arvioidut sähkötehot on saatu LVIA-järjestelmäkuvauksesta. Neliötehot ovat Sähkötietokortista 13.31 [5] ja kokemuksella määritettyjä. Tehot on annettu voltiam- peereina sen vuoksi, ettei laskennan tässä vaiheessa tarvitsisi miettiä laitteiden teho- kertoimia. Keilaranta Towerin numeeriset lähtötiedot on kerätty taulukkoon 1.

Taulukko 1. Keilaranta Towerin lähtöarvot.

Bruttoala	82 300 m²
Toimistoala	34 277 m²
Kellarin pysäköintiala	14 565 m²
Parkkitalo	14 365 m²
Ravintola, auditorio ja kokoustilat	5 625 m²

Muut kiinteistön alueet (terassit, aulat, yms.)	13 468 m²
Toimistokerrokset	40 VA/m²
Tekniset tilat, varastot ja kellarin pysäköinti	15 VA/m²
Ravintola-, auditorio- ja kokoustilat	60 VA/m²
Parkkitalo	5 VA/m²
Lämmönjako	20 kVA
Ilmanvaihto	510 kVA
Jäähdytys	1 224 kVA
Savunpoisto/ylipaineistus	92 kVA

Tehojen laskettu jakautuminen kerroksittain on esitetty nousujohtokaaviossa liitteessä 1.

4.2 Laskelmat ja verkon rakenteen muodostuminen

Sähkön pääjakeluverkon rakenteeseen on syytä kiinnittää huomiota hyvissä ajoin. Rakenteeseen vaikuttavat tilaajan toiveet esimerkiksi energianmittauksesta. Sähkölaitokset eivät hyväksy kaikkia mittaustapoja, koska mittareiden tarkkuuksissa voi olla eroja ja tietyissä tilanteissa ei voida varmistua sähkön todellisesta kulutuksesta. Esimerkiksi Keilaranta Towerin kannalta tilanne on haastava, koska mitattavia keskuksia on suunnitteilla lähes 100.

Muita huomioitavia asioita ovat myös sähkötilat ja nousukuilut. Nousukuilujen tilat ovat rajalliset, ja niihin pitää mahtua muutakin kuin nousujohtot, kuten tietoverkkokaapelit, väyläkaapelit, ohjauskaapelit ja muut mahdolliset kaapelit kaapelihyllyille. Kerrosten kohdalla kuiluun pitää mahtua ryhmäkeskukset ja yleiskaapeloinnin kerrosjakamot.

Laskelmia tehdessä on lähdetty liikkeelle helpoimmasta ja oleellisimmasta eli liittymistehon määrittämisestä ja rakennukseen tutustumisesta. Laskelmia varten on taulukoon pyritty kasaamaan mahdollisimman paljon tietoja rakennuksesta. Vaikka kaikki tieto ei olekaan oleellista laskennan kannalta, voi se kuitenkin helpottaa eri asioiden hahmottamista ja luoda erilaisia mielikuvia tulevan suunnittelun kannalta. Lisäksi tau-

lukko on rakennettu siten, että se laskee mahdollisimman monet asiat itse, jotta kaikki arvot päivittyvät eikä mihinkään jää väärää tietoa. Laskentataulukkoa ei kuitenkaan ole liitetty sellaisenaan tähän työhön, koska arvot ovat näkyvissä laskentaohjelmassa.

Liittymisteho lasketaan laskemalla yhteen kaikki rakennuksen tehot. Kerroksen tai tilan käyttötavasta riippuen sille on määritetty neliöteho (taulukko 1), ja arkkitehdin kuvista voi helposti laskea eri tilojen neliötiedot. Muiden laitteiden sähköteho täytyy arvioida tai etsiä muiden suunnittelijoiden selostuksista. Arkkitehtipohjaa tutkimalla selviää millaisia suurempia laitteita kiinteistöön tulee. Esimerkiksi saunaan tulee kiuas ja ravintolan keittiöön erilaisia uuneja ja pesukoneita. Keittiölaitteiden tehoa voi arvioida kokemuksella tai ST-kortin 13.31 [5] ohjeen mukaan. Ohje antaa kuitenkin melko karkean arvion laitteiden tehosta, noin 0,2—0,5 kW/annos. On kuitenkin huomioitava, että keittiön kaikki laitteet eivät ole samanaikaisesti käytössä. Lisäksi savunpoistoa ei yleensä laskea mukaan liittymistehoon. Tämä johtuu siitä, että usein savunpoisto voidaan esimerkiksi pysäköintitiloissa hoitaa kääntämällä tuloilmapuhaltimien pyörimissuunta, jolloin niistä tulee poistopuhaltimia. Toiseksi, erilliset savunpoistopuhaltimet eivät koskaan pyöri muun ilmanvaihdon ollessa päällä, eli ne eivät lisää huipputehontarvetta.

Kiinteistön liittymistehoksi on laskettu noin 4,6 MVA, se sisältää kaikkien laitteiden yhteenlasketut liittymistehot ilman tasauskertoimia. Karkea arvio rakennuksen vuosienenergiankulutuksesta on noin 11,5 GWh. Se tarkoittaa noin 138 kWh/brm²/vuosi, eli näillä laskelmilla rakennus olisi vielä A-energialuokassa.

Keilaranta Towerin mitoitus on tekeillä hieman väljäksi, jolloin kuormat on saatu jaettava selkeämmin muuntajien välille. Niin sanottua optimointia ei ole tehty täydellisesti, eli mitoituksen jälkeen ei ole tarkasteltu, voiko tehoja pienentää ja keskuksien kuormia tasoittaa entisestään. Tämä johtuu siitä, ettei tarkkoja tietoja ole saatavilla. Suunnitelmien tarkentuessa optimointia tehdään jatkuvasti ja eri järjestelmiin lisätään tasauskertoimia, joilla arvot saadaan vastaamaan todellisuutta.

4.2.1 Liittymä, keskijännitekojeistot ja muuntajat

Verkon rakenteen suunnittelussa varmintaa on lähteä liikkeelle selkeimmistä osista. Kun tiedetään, että liittymiskaapeli tuodaan parkkihallin sähkötilaan, sijoitetaan sinne ko-

jeistot, muuntaja ja pääkeskus. Kojeistoon on hyvä mitoittaa yksi varalähtö, koska näin suuressa kohteessa voi olla mahdollista, että lisämuuntajalle on käyttöä. Esimerkiksi yhden kerroksen muuttaminen palvelintilaksi voi vaatia suuria tehoja. Muuntaja ja pääkeskus sijoitetaan yleensä lähelle toisiaan, jolloin ne voidaan helposti yhdistää kiskosillalla. Lisäksi huipputehosta nähdään, kuinka monta muuntajaa tarvitaan syöttämään koko kiinteistöä. Tässä tapauksessa yksi muuntaja ei riitä, jolloin on järkevää sijoittaa toinen kojeisto, muuntaja ja pääkeskus kahdeksannen kerroksen tekniseen tilaan. Muuntajan vieminen ylempään kerrokseen on järkevää sen vuoksi, että jännitteenalenema ja kaapelikoko pysyvät pienempänä, kun teho siirretään keskijännitteellä. Lisäksi tekniikkakerrokseen sijoitetaan todennäköisesti ilmanvaihto- ja jäähdytyskoneet, jolloin siellä tarvitaan suuria tehoja. Muuntajaa ei kuitenkaan voi ihan mihin tahansa sijoittaa, koska sen täytyy olla vaihdettavissa. Tämä tarkoittaa sitä, että muuntajalle on suunniteltava reitti jota pitkin sen saa ulos rakennuksesta. Esimerkiksi tekniikkakerroksessa oleva muuntaja on noin 30 metrin korkeudessa, jolloin sen vaihtaminen tapahtuisi nosturilla talon seinästä tai jopa helikopterilla sakaran katon kautta. Tavarahissinä käytettävän hissin nostokyky ei todennäköisesti riitä nostamaan muuntajaa, koska 1 600 kVA:n muuntaja painaa noin 4 000–5 000 kg. Lisäksi täytyy huomioida, etteivät lattian painorajoitukset ylity. Normaalisti käytetään alle 1 600 kVA:n muuntajia. Tässä kohteessa muuntajien tulee olla kuivamuuntajia, muun muassa paloturvallisuussyistä. Muuntajia on alustavasti arvioitu asennettavaksi 4 kappaletta. Liitteessä 2 on rakennuksen pohjakuvia, joissa on esitetty tämän suunnitelman mukaiset keskusten ja muuntajien sijoituspaikat sekä johtoreitit. Kuviin ei ole kuitenkaan hahmoteltu tarvittavia väliseiniä, joita esimerkiksi muuntajien ympärille täytyy todellisuudessa rakentaa.

4.2.2 Keskukset

Tässä suunnitelmassa muuntajia tulee ainakin kahteen paikkaan. Rakennukset tehoja on yritetty jakaa selkeästi muuntajien välille. Hahmottamista varten on nousujohtokaavioon merkitty kerrosten kohdille kunkin kerroksen teho. Nousujohtokaavioon on ensin piirretty kaikki keskukset, minkä jälkeen ne on pyritty jakamaan kuormien mukaan tasaa eri muuntajille. Lisäksi nousujohtokaavio on tehty reunaviivoiltaan rakennuksen muotoiseksi, jolloin kuvasta voi hahmottaa paremmin, missä kohtaa rakennusta keskus sijaitsee. Tässä suunnitelmassa keskusten numerointi muodostuu kerrosnumerosta ja

keskusten määrästä kerroksissa. Ennen pistettä oleva numero on kerrosnumero ja jälkimmäinen keskuksen järjestysnumero.

Keskuksia kiinteistöön joudutaan asentamaan paljon. Pelkästään toimistoja on kaikkiaan 80, ja niiden sähköjärjestelmät kannattaa suunnitella keskenään lähes identtisiksi, mikä helpottaa verkon mitoitus huomattavasti. Keskukset sijoitetaan sakaroiden päihin, omiin komeroihin. Sakaran päässä keskus on mahdollisimman lähellä nousukuilua ja suhteellisen keskellä keskuksen palvelemaa toimistotilaa.

Toimistokeskukset palvelevat ainoastaan toimiston tiloja, ja siitä syystä esimerkiksi hissiaulat, rappukäytävät ja parvekkeet saavat sähkönsyöttönsä kiinteistökeskuksilta. Niille tehot on laskettu kaikista jäljelle jääneistä neliöistä. Huomioitavaa on se, että jo pelkät pystynousut ovat helposti yli 40 metriä pitkiä ja yleensä ryhmä johdoille annetaan 40 metrin enimmäispituus, jotta jännitteenalenemat pysyisivät alle määrätyn 4 prosentin. Jännitteenalenemalla tarkoitetaan tässä tapauksessa muuntajan toisiopuolen jälkeen tapahtuvaa jännitetason laskua kiinteistön sähköverkossa. Liika jännitteenalenema voi ensisijaisesti aiheuttaa joidenkin sähkölaitteiden vajaan toiminnan. Sen pääasiallisen tarkkailun syy on kuitenkin se, että oikosulkutilanteessa liian matala jännitetaso ei välttämättä riitä luomaan tarvittavan suurta oikosulkuvirtaa, jolloin verkon suojaus ei toimi oikein. Siksi kiinteistökeskusten määrä ja sijoittelu täytyy miettiä järkevästi. Tässä tapauksessa kiinteistökeskuksia on suunniteltu kuusi kappaletta. Neljä sijoitetaan kahdeksannen kerroksen tekniikkakerrokseen, yksi hissiaulaan ja yksi jokaiseen sakaraan, mahdollisimman lähelle rappukäytäviä. Viides kiinteistökeskus tulee 16 kerroksen sakaran päähän ja kuudes ylimmän kerrokseen hissiaulaan. Tällä järjestelyllä voidaan hoitaa jakelua 40 metriä ylös ja alas ja varaa jää myös vaakavedoille. Ylimmän kerroksen kiinteistökeskus toimii myös saunaosaston keskuksena.

Sama 40 metrin sääntö pätee myös muihin keskuksiin, ja siitä syystä muissa kuin toimistokerroksissa, jokaiseen sakaraan sijoitetaan vähintään yksi keskus. Pysäköintikerrosten pinta-ala on jaettu tasan kaikille keskuksille. Ulkoalueille tarvittavien lämmitysten ja valaistusten tarvitsema sähkö on suunniteltu otettavaksi ensimmäisen kellarikerroksen keskuksista, koska kellarissa kaapeleita on helpompi viedä vaakasuunnassa. Pysäköintikerrosten tehontarve muodostuu melkein kokonaan valaistuksesta, mutta neliöteho, jolla keskukset on mitoitettu, riittää myös pyörittämään mahdollisia tarvitta-

via puhaltimia. Mahdollisia sähköautojen latauspisteitä on mitoitettu kellarin keskuksiin, mutta suuritehoisia pikalatauspisteitä ei ole suoranaisesti huomioitu. Kellarissa mahdolliseen väestönsuojakäyttöön olevat varasto- ja sosiaalitilat on varustettava omilla keskuksillaan, jotka eivät palvele mitään muuta kuin kyseisten tilojen sähköasennuksia [6].

Parkkitaloon mitoitetaan keskuksia vain joka toiseen kerrokseen, yhteensä kolme. Parkkitaloon määritetty neliöteho on määritetty erittäin alhaiseksi, eikä sinne ole laskettu valaistuksen lisäksi juuri mitään muuta jatkuvaa kuormaa. Tästä syystä keskusten tehot jäävät melko pieneksi, eikä ole tarpeellista sijoittaa useaa pientä keskusta. Parkkitalossa on maantasolla liiketila, jolle mitoitetaan oma ryhmäkeskus.

Ilmanvaihto- ja jäähdytyskeskukset on suunniteltu sijoitettavaksi kahdeksanteen kerrokseen. LVI-suunnittelijan antamien tietojen perusteella tehontarve on suuri. Koneiden määrä ei ole tiedossa, joten järjestelmien kokonaistehot on jaettu ilmanvaihdon osalta kahteen keskukseen ja jäähdytyksen osalta neljään. Näin saadaan keskusten tehot hieman tasaisemmiksi. Myöskään savunpoistokoneiden sijainneista ei ole varmuutta, joten teho on jaettu puoliksi kahdelle keskukselle ja keskukset on sijoitettu kerroksiin 8 ja 26. Lämmönjakokeskus on arvioitu sijoitettavaksi alemman kellarikerroksen merivesijäähdytystilaan. Sprinklerijärjestelmää varten on mitoitettu yksi keskus kellarin sähkötilaan, pääkeskuksen viereen. Sprinklerikeskuksen kytkennässä huomioitavaa on se, että se kytketään yleensä pääkeskukseen ennen pääkytkintä, jolloin sähköjen katkaisu pääkeskuksesta ei katkaise sprinklerikeskuksen sähköjä. Lisäksi tekniikkakerrokseen on suunniteltu pieni keskus kiinteistön tietoteknisiä järjestelmiä varten. Kaikille hisseille on määritetty sama liittymisteho, koska hissien tehoon vaikuttaa sen ajonopeus ja nostokapasiteetti, ei niinkään nostokorkeus. Hisseille on suunniteltu keskukset jokaisen kuilun yläpäähän, yhteensä 11 kappaletta.

4.2.3 Nousut

Arkkitehti on suunnitellut yhdessä LVIS-suunnittelijoiden kanssa rakennukseen nousukuiluja neljään kohtaan. Kuilut on sijoitettu keskellä olevaan hissiaulaan ja jokaisen sakaran päähän. Hissiaulassa kuiluja on kaksi ja joka sakarassa neljä.

Sähköjärjestelmäkuvauksessa on määritetty, että ryhmäkeskusten sähkönjakelu toteutetaan pääasiassa jakelukiskoin. Jakelukiskoissa on se etu, että kiskoon voi liittää keskuksia myös jälkikäteen. Lisäksi kiskoilla rakennettu jakelu on huomattavasti selkeämpi ja vähemmän tilaa vievä ratkaisu kaapeleihin verrattuna, ja myös jännitteen alenema on pienempi pitkillä matkoilla. Jotta jakelukiskojen koko ei kuitenkaan kasva liian suureksi, on kiskot suunniteltu siten, että jokaisessa sakarassa kulkee yksi kisko ja niihin liitetään vain toimistokeskukset. Jakelukiskoon kiinnitetään jokaista keskusta varten liitántälaite. Liitántälaite sisältää keskuksen pääsulakkeet ja liittimet keskuksen nousujohdolle. Kahdeksanteen kerrokseen asti jakelukiskot saavat syöttönsä kellarista ja ylemmät kahdeksannesta kerroksesta.

Tekniikkakerroksessa olevien suuritehoisten ilmanvaihto- ja jäähdytyskeskusten syöttö tapahtuu kiskosilloilla. Tämä johtuu täysin siitä, että suurten tehojen vuoksi vaaditaan paksu kaapeli ja sen asentaminen voi olla hyvinkin hankalaa. Kaikkien muiden keskusten syötöt toteutetaan kaapeleilla. Parkkitalon keskukset on ketjutettu yhden nousukaapelin perään. Koska keskusten tehot ovat pieniä, on pääkeskukselta parkkitalon keskuksille turhaa vetää montaa kaapelia. Parkkitalossa sijaitsevan liiketilan keskusta syötetään omalla nousujohdolla.

Kaikki nousukaapelit on mitoitettu alumiinikaapeleilla, koska alumiinia käytetään yleisesti johdinmateriaalina silloin, kun johtimen poikkipinta-ala on yli 16 mm². Alumiini-kaapelin virrankesto on alhaisempi kuin vaihtoehtoisen kuparikaapelin, jolloin yleensä kaapelin neliöpinta-ala kasvaa.

Toimistokeskusten nousut on mahdollista toteuttaa kaapeleilla, mutta kaapeleiden käyttö vie tilaa nousukuiluista. Kaapelit asennetaan kaapelihyllyille väljästi esimerkiksi tyylillä KME (Kiinnitys Määrä Etäisyydelle), jolloin tilaa tarvitaan paljon. Myös asentajan työmäärä kasvaa kaapeleita käytettäessä, koska asentaja joutuu ensin asentamaan hyllyn ja sen jälkeen sitomaan kaapelin kiinni hyllyyn. Lisäksi kerrostenvälisten palokatkosten teko on hankalampaa, koska kaapeleille tarvittavat reiät ovat suurempia ja niitä tulee enemmän. Palotilanteessa normaaleista PVC-eristeisistä kaapeleista vapautuu myrkyjä niiden eristemateriaalin palaessa, jakelukiskoissa sen sijaan ei ole myrkyllisiä yhdisteitä vapauttavia halogeeneja. Tämän tyyppisessä rakennuksessa voi olla, että

kaapeloinnit vaaditaan toteutettavaksi halogeenivapailta kaapeleilla. Kaapelit lisäävät myös huomattavasti kuiluissa olevaa palokuormaa jakelukiskoon verrattuna. [7.]

4.2.4 Varavoima ja UPS

Kiinteistöön mitoitetaan varavoimakone, vaikka alustavissa suunnitelmissa sitä ei ole vaadittu. On kuitenkin järkevää varautua siihen, että sellainen myöhemmässä vaiheessa vaaditaan. Pienemmissä toimistoissa ja julkisissa kiinteistöissä pelastuslaitokselle on yleensä suunniteltu esimerkiksi 63 A voimapistorasiala hyökkäysreitillä läheisyyteen. Sen avulla voidaan syöttää sähköä esimerkiksi savunpoistopuhaltimille, mikäli normaali sähkönsyöttö ei toimi. Keilaranta Towerin kaltaisessa kohteessa sen käyttö ei kuitenkaan ole mahdollista jo pelkästään suurten tehojen ja pitkien etäisyyksien vuoksi. Lisäksi savunpoiston varmennusta ei enää suositella suunniteltavaksi palokunnan aggregaatin varaan. [8.]

Varavoimakone mitoitetaan siten, että se riittää syöttämään kaikkia toimistokerrosten välillä kulkevia hissejä, tavarahissiä, savunpoistojärjestelmää ja kiinteistön turvallisuusjärjestelmiä. Varavoimakone on mitoituksen kannalta järkevintä sijoittaa kahdeksanteen kerrokseen, kellarikerroksissa varavoimakoneelle ei ole kunnollista tilaa keskeltä rakennusta, ja koneen sijoittaminen sivummalle pidentää kaapeleita huomattavasti. Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että tekniikkakerroksesta on mahdollista varata tila varavoimakoneelle. Varavoimakone tarvitsee oman huoneen, polttoainesäiliön, jäähdytyksen ja pakoputken, joka ei saa olla liian lähellä ikkunoita ja ilmaottoaukkoja.

Keilaranta Towerin rakennustapaselostuksessa on mainittu, että toimistojen ryhmäkeskukset pitää varustaa erillisellä UPS-osiolla, jotta niihin voidaan halutessa jälkikäteen asentaa UPS-laitteisto. Mahdolliset UPS-laitteistot on huomioitava oikosulkuvirtalaskelmissa, jotta henkilösuojaus toteutuu. Toimiston ryhmäkeskuksen mahdollisen UPS-laitteen kuorman on määritetty olevan toimiston pistorasiaryhmät.

4.2.5 Energianmittaus

Toimitilarakennuksissa on yleensä vuokralaisina erilaisia yrityksiä, joilla voi olla hyvinkin erilaiset sähköenergiantarpeet. Tällaisissa tapauksissa esimerkiksi kerroskohtainen jäl-

kienergianmittaus voisi olla epäreilu toisia vuokralaisia kohtaan. Lisäksi kiinteistön omistajan tehtäväksi jäisi hoitaa sähkölaskun jakaminen, mikä aiheuttaisi turhaa vai-
vaa. Tämän tyyppinen ratkaisu on kuitenkin nykyään yleisesti käytössä. Kiinteistöllä on
yksi sähkösopimus, ja energian mittaus ja laskutus tapahtuu esimerkiksi keskijännite-
puolella olevan mittarin mukaan. Tämän jälkeen kiinteistöllä on oma jälkimittausjärjes-
telmä, joka mittaa esimerkiksi kerrosten energiankulutusta ja kasaa kulutustiedot yh-
teen paikkaan. Tällaisessa ratkaisussa ulkopuolinen yritys kerää kaukoluennalla jälki-
mittareiden kulutustiedot ja laskuttaa vuokralaisia. Toinen vaihtoehto olisi perinteinen
nousujohtoverkko, jossa teknisessä tilassa olisi mittarikeskus, ja sieltä jokaisen energi-
ankulutusta mitattaisiin erikseen. Tällöin omien sähkösopimusten tekeminen olisi mah-
dollista, mutta kiinteistön muodosta riippuen nousukaapeleita voi tulla useita, jotka
voivat olla erittäin pitkiä ja paksuja, jolloin ne myös vievät huomattavan paljon tilaa
kaapelireiteiltä.

Keilaranta Towerissa mittauksella on suurehko vaikutus pääjakeluverkon muotoon.
Luvussa 4.2.3, on käyty läpi, miten nousut on suunniteltu. Näin ollen jokaiseen toimis-
tokeskukseen on suunniteltu oma kaukoluettava energiamittari, jonka mukaan vuokra-
laiset maksavat sähkölaskunsa. Kiinteistön omistaja maksaa kiinteistön järjestelmien
aiheuttaman energiankulutuksen, joka mitattaisiin järjestelmäkohtaisesti. Jakelukiskoon
olisi hyvä mitoittaa ainakin yksi ylimääräinen liitäntäpiste jokaisen kerroksen kohdalle
mahdollista laajentamista varten. Liitäntäpisteet sinetöidään, ettei niihin voi liittää mi-
tään ilman lupaa. Tässä työssä esitetty on enemmänkin sen tyyppinen ratkaisu johon
pitäisi pyrkiä, eikä se välttämättä ole hyväksytty tapa. Tällainen tapa on kuitenkin
huomattavasti helpommin laajennettavissa kuin nousukaapeleilla tehty verkko, jolloin
myös jakelukiskon tarjoamia etuja saataisiin hyödynnettyä tehokkaasti.

Toinen mahdollinen tapa mittareiden sijoittelussa kiskojakelussa olisi keskittää mittarit
esimerkiksi kerroskohtaisesti samaan tilaan. Hissiaulan komeroista mittareita voisi käy-
dä lukemassa verkkoyhtiön edustaja sekä kuluttaja. Mittauskeskukset liitettäisiin myös
tässä tapauksessa jakelukiskoihin. Tämä vie kuitenkin huomattavan paljon tilaa hissiau-
lan nousukuiluista, eikä se sen vuoksi ole tämän suunnitelman ensisijainen vaihtoehto.
Tämäkään ratkaisu ei välttämättä olisi hyväksytty.

4.3 Laskelmat verkkolaskentaohjelmalla

Keilaranta Tower mitoitetaan ABB DOC (Design Optimization on Computer) -verkkolaskentaohjelmistoa hyväksi käyttäen. ABB ei ole ainoa yritys, joka kehittää omaa verkkolaskentaohjelmaa, mutta SIR -Sähkössä ABB DOC on ollut käytössä jo pidempään ja todettu parhaaksi sovellukseksi raskaiden verkkojen mitoittamiseen. Tässä työssä on tarkoitus kokeilla sen käyttöä tämältyyppisessä rakennuksessa.

Keilaranta Towerin pääjakeluverkko on erittäin suuri, eikä sen mitoittaminen käsin laskemalla ole kovinkaan tehokasta. Muutos jossain verkon kohdassa voi vaikuttaa laajasti verkon mitoittamiseen, jolloin laskelman voi joutua tekemään uudelleen lähes alusta. Taulukkolaskentaohjelmilla voi kyllä laskea verkkoja, mutta taulukon tekeminen verkkoa vastaavaksi on suuritöistä, eikä lopputulos välttämättä ole vaivan arvoista.

ABB DOC-laskentaohjelma mitoittaa ja valitsee automaattisesti muuntajat, kaapelit, jakelukiskot ja suojalaitteet. Kaikkia valintoja voi muokata myös itse. Lisäksi ohjelma laskee oikosulkuvirrat, jännitteenalenemat ja useita muita arvoja kaikkiin verkon kohtiin. Ohjelmaan on mahdollista määrittää jokaiselle kuormalle teho, tehokerroin ja tausauserroin, jolloin kuormat voi määrittää hyvin tarkasti. Ohjelma käyttää ABB:n omia verkkokomponentteja mitoituksen toteutuksessa. Kaikista katkaisijoista ja sulakkeista on ohjelmaan määritetty laukaisukäyrät. Verkossa käytetyistä suojalaitteista voidaan kerätä käyrät samaan taulukkoon, ja tarkastella suojauksen selektiivisyyttä. Ohjelmassa voi myös avata ja sulkea katkaisijoita, käynnistää ja sammuttaa muita laitteita, jolloin on mahdollista tutkia verkon toimintaa eri käyttötilanteissa. Esimerkiksi, jos kiinteistöön tulee varavoimakone, voidaan tarkastella, miten verkko toimii varavoimakoneen käytössä, tällöin muut kuormat ovat sammuksissa. Ohjelmasta saa lopuksi tulostettua kansilehden, laskennassa käytetyt standardit ja tiedot, joihin laskenta perustuu, itse mitoituksen, kaapeliluettelon, komponenttiluettelon ja laukaisukäyrät.

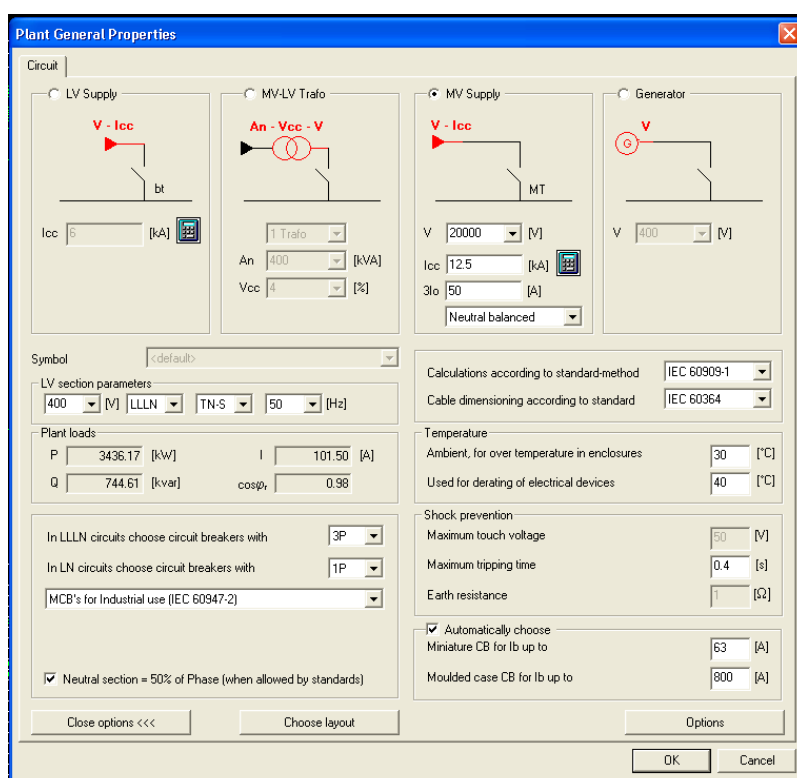
4.3.1 Asetukset

Jotta laskenta tapahtuisi oikein ja määräysten mukaan, ohjelmasta täytyy valita oikeat standardit, joihin ohjelman tekemät laskut ja mitoittukset perustuvat. Laskelmissa käytettävä standardi on IEC 60909-1. Se määrittää, millä oletuksilla oikosulkuvirrat laske-

taan. Maadoitus- ja kaapelointijärjestelmissä käytettävä standardi on IEC-60364 ja suo-
jalitteiden valinnassa noudatetaan standardia IEC-60947-2. Käytettävät standardit vali-
taan heti ohjelman käynnistyessä piirtotilaan.

4.3.2 Verkon piirtäminen

ABB DOC on erittäin nopea ohjelma verkon piirtämiseen. Ohjelma on CAD (Computer
Aided Design)-tyyppinen sovellus, joka automaattisesti tunnistaa kaikki kytkennät ja
numeroi verkon komponentit.

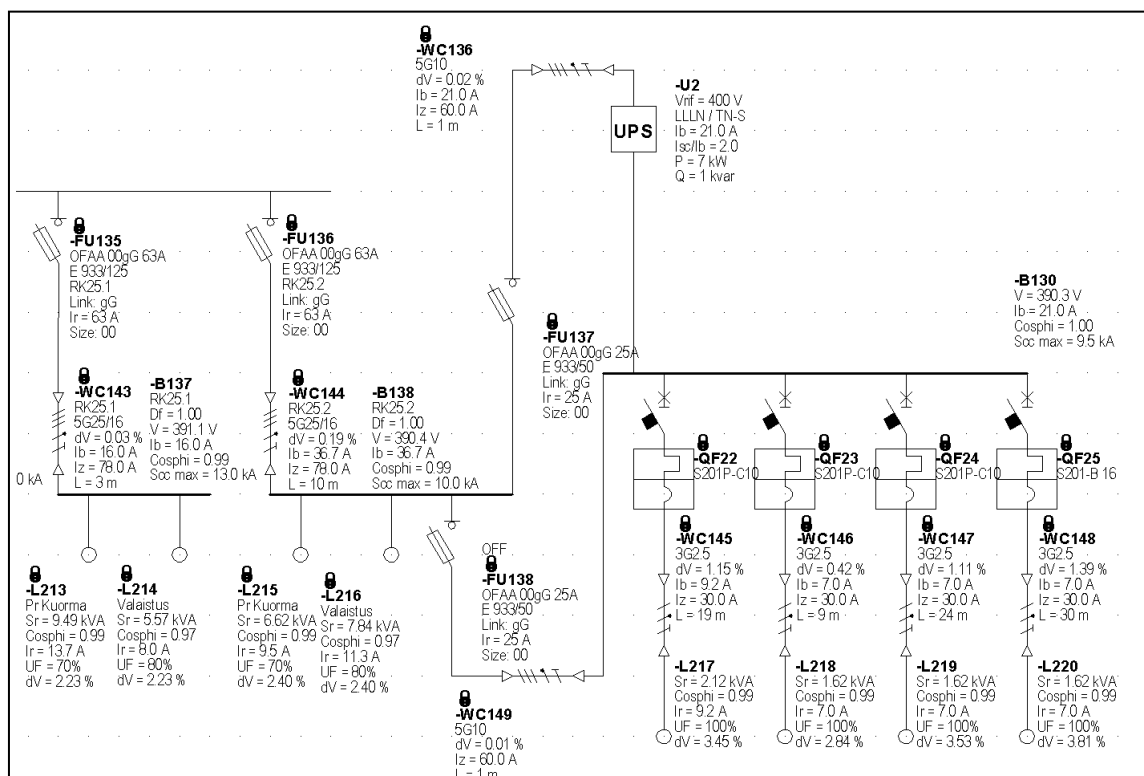


Kuva 3. ABB DOC-ohjelman aloitusnäyttö.

Aluksi ohjelma kysyy syöttöverkon tyyppiä. Tässä tapauksessa se on keskijännite, oh-
jelma ehdottaa sitä automaattisesti. Tässä kohtaa valitaan myös käytettävät standardit,
pienjännitepuolen jännite, vaihemäärä, maadoitustapa ja taajuus sekä syöttöverkon
oikosulkuvirta ja jännite. Kuvassa 3 on esitetty laskelmassa käytetyt määrittäykset. Ase-
tukset ovat muilta osin oletuksia paitsi, katkaisijoiden valinnan määrittäminen. Ohjelman ole-
tusasetus määrittäisi katkaisijat 3-vaihejärjestelmässä nelinapaisiksi ja 1-

Normaalit syötöt keskuksille on tehty kuten kuvassa 4 keittiön keskus RK-1.1. Pääkeskukseen valitaan valmiista symboleista kahvasulake, joka on järjestyksessään kuudes, FU6. Ohjelmassa sulakkeilla on tunnus FU (Fuse), ohjelma numeroi kaikki verkossa olevat komponentit numerojärjestykseen vasemmalta oikealle. Sulakkeen jälkeen on piirretty kaapeli WC9 (Wire, Cable), joka syöttää keskusta. Kaapelille on määritetty pituus, materiaali ja asennustapa. Tässä laskelmassa kaikkien kaapeleiden asennustapa on tikashyllylle ja kaapelin leveyden verran eroa viereiseen kaapeliin. Seuraavaksi on piirretty keittiön keskuksen kiskosto B5. Kiskostoon voidaan jälleen liittää tarvittavia kuormia. Kiskostolle on kuitenkin määritetty vain yksi kuorma L3 (Load). Se on koko keittiön laitteiden yhteenlaskettu sähköteho. Ohjelmaan voidaan määrittää keskukselle, joko pelkkä virta tai teho ja tehokerroin. Tehot täytyy syöttää ohjelmaan kilowatteina, mutta ohjelma näyttää tehon näennäistehona. Laskelmassa tehot näkyvät tunnuksella Sr.

Jakelukiskolla toteutettu toimistokeskusten piirto on toteutettu siten, että kuvassa 4 olevat sulakkeet FU2, FU3 ja FU4 syötävät virtakiskoja. Jakelukisko on piirretty samalla periaatteella kuin muuntajan ja pääkeskuksen välinen kisko. Kiskon jälkeen ei



Kuva 5. Toimistokeskuksen normaali- ja UPS-kytkentä

kuitenkaan tule keskuksen kiskostoa, vaan kaikki jakelukiskoon liitettävät keskuksat on yhdistetty pelkällä viivalla, jolla ei ole sähköisiä ominaisuuksia. Tästä seuraa se, että ohjelma olettaa kaikkien keskusten kytkentäpisteen olevan kiskoston päässä. Näin ei todellisuudessa tietenkään ole, mutta ohjelmassa ei ole muuta tapaa toteuttaa kiskoja-kelua. Näin ollen kiskon alkupäässä olevilla keskuksilla on todellisuudesta poikkeavat arvot. Ohjelmasta voi katsoa kiskon alku- ja loppupään oikosulkuvirta-arvot, mutta laskennassa niitä ei voi hyödyntää.

Toimistokeskuksille on määritetty kaksi kuormaa, valaistus ja muut laitteet. Tällä järjestyllä voidaan määrittää kuormille hieman erilaiset tehokertoimet. Vaikka nykyään elektronisilla liitäntälaitteilla valaistuksen tehokertoimen voi saada erittäin lähelle yhtä, on tässä laskelmassa tehokerroin määritetty hieman alhaisemmaksi, jolloin voidaan varautua mahdollisesti todellisuutta pahempaan tilanteeseen. Kuvassa 5 on tarkasteltu toimistokeskuksen mahdollista UPS-kytkentää. RK25.2 on jaettu kahteen osaan, jossa kisko B130 kuvaa keskuksen UPS-osaa. UPS- osalle on arvioitu kuormat ja suojat luvussa 4.2.4, jotta voidaan tarkastella selektiivisyyden ja henkilösuojauksen toteutumista. Vieressä on keskus RK25.1, jossa normaali keskus on piirrettynä ilman UPS-osaa.

Näillä piirtoperiaatteilla on piirretty koko jakeluverkko. Piirustus on piirretty ohjelmaan siten, että yhdellä sivulla näkyy aina yksi kokonaisuus, esimerkiksi jokainen pääkeskus ja sen alakeskukset ovat samalla sivulla. Jokainen jakelukisko on omalla sivullaan ja siinä näkyy kaikki kiskoon liitettävät keskuksat. Laskelma on kokonaisuudessaan liitteenä 3.

4.3.3 Laskenta, automaattiset ja käsintehdyt määritykset

Ohjelma laskee ja mitoittaa komponentit ja kaapelit suoraan keskusten kuormiin määritettyjen tehotietojen perusteella. Tämä johtaa esimerkiksi siihen, että ohjelma valitsee suojaksi pienimmän sallitun sulakekoon, mikä ei yleisesti ole suotavaa pääsulakkeita ja muita suojia valittaessa. Kaapelin mitoituksessa on sama ilmiö, koska keskuksiin on yleisesti määritetty yksi kuorma eikä sitä ole jaettu tarkemmin varsinaisiksi ryhmiksi. Ohjelmassa on oletuksena asetus, joka määrittää suurimman sallitun jännitteenaleneman 4 prosenttiin. Ohjelma mitoittaa kaapelin siten, että jännitteenalenema

on noin 4 prosenttia keskuksella, jolloin mahdollinen 40 metrin ryhmäjohto jää huomioida. Lisäksi kaapelikoot joita ohjelma valitsee, eivät välttämättä ole yleisesti Suomessa käytettyjä kaapelikokoja. Tästä syystä laskelmassa on parkkitalon keskukseen luotu ryhmiä, joiden kesken keskuksen kuorma on jaettu. Kuormia on erikokoisia, ja kaikkiin on määritetty 40 metriä pitkä ryhmäjohto, kaapeleina on käytetty 1,5 mm²:n ja 2,5 mm²:n kuparikaapeleita. Sen perusteella voidaan arvioida ryhmäjohtojen vaikutus jännitteenalenukseen myös muissa keskuksissa. Mikäli jokaiseen keskukseen piirrettäisiin kaikki kuormat näkyviin, ohjelma mitoittaisi kaapelit loppuun asti. Kuormia on kuitenkin niin paljon, ettei niiden piirtäminen ole kannattavaa. Ohjelmaan voi lisäksi määrittää tasauskertoimen jokaiselle kuormalle prosentteina. Ohjelma laskee määritetyn prosenttiosuuden kuormasta ja mitoittaa verkon osat sen mukaan. Muun muassa näiden ominaisuuksien myötä ohjelman laskemiin täytyy tehdä käsin muutoksia, joilla verkon saa lähemmäs todellisuutta.

Tässä työssä laskelmat on tehty liittymistehojen mukaan, tällöin tulee huomioitua riittävä varaus laajentamiselle. Lisäksi lähtötiedot ovat vielä sen verran karkeat, että tasauskertoimia ei ole käytetty muuta kuin suurimpien järjestelmien tehojen tasoittamiseksi. Kuvassa 4 on keittiön keskukselle määritetty tasauskerroin 50 prosenttiin, koska keittiön laitteet eivät todellisuudessa ole samanaikaisesti käytössä. Käytetty tasauskerroin näkyy kaikissa kuormissa tunnuksella UF (Utilization Factor). Tasauskertoimia on määritetty toimistokeskuksille, ilmanvaihtokeskuksille, jäähdytyskeskuksille, hisseille ja lämmönjakokeskukselle. Koska kyseessä on niin suuria tehoja ja yleisesti on tiedossa, että vastaavantyyppiset koneet eivät normaalisti käy täydellä teholla, on niiden tehoa järkevää rajoittaa. Ilmanvaihto ja jäähdytys on määritetty toimimaan 70 prosentin teholla, lämmönjako ja hissit 50 prosentilla. Toimistokeskuksille tasauskerroin on määritetty erikseen molemmille kuormille, valaistukselle 80 prosenttia ja muu kuorma 70 prosenttia. Näillä kertoimilla kuitenkin leikataan pois vain lähinnä varaus, joka on määritetty myöhempää tehonlisäystä varten.

Kun ohjelma on kerran mitoittanut verkon, selviää laskelmasta sulakkeiden ja kaapeleiden vähimmäiskoot. Tämän jälkeen voidaan tarvittaessa käsin muokata komponenttien koot vastaamaan yleisesti käytössä olevia. Kuten luvussa 4.2.2 mainittiin, on kannattavaa mitoittaa samantyyppiset keskuksat samankokoisiksi. Esimerkiksi toimistokeskusten tehoissa on hieman eroja, koska laskut on tehty liittymistehojen mukaan, johon

vaikuttaa toimiston pinta-ala. Suurempiin keskuksiin ohjelma valitsee 32 A:n pääsulakkeet ja pienemmissä 25 A:n. Koska keskuksiin pitää varata mahdollisuus UPS-laitteistolle, ei selektiivisyyden saavuttamiseksi voida käyttää kumpaakaan ehdotettua pääsulakekokoa. Kun arvoja muuttaa käsin, ne täytyy lukita, jotta ohjelma määritä niitä uudelleen. Ohjelma laskee verkolle uudet arvot käyttäen käsin valittuja komponentteja.

4.3.4 Laskentaohjelman soveltuminen isoille kohteille

Keilaranta Towerin tyyppisestä kohteesta käy hyvin ilmi, miten ohjelma soveltuu suuriin kohteisiin. Laskennan kannalta ohjelmasta saadaan suuri hyöty, koska laskettavaa on paljon. Ohjelmasta on helppo hahmottaa, mitä verkon eri osissa tapahtuu eri tilanteissa ja saatavana on paljon erilaista tietoa. Verkkoa on myös helppo hienosäätää sen jälkeen, kun sen rakenteen on saanut hahmotettua.

Täysin ongelmaton ohjelma ei kuitenkaan ole. Keilaranta Towerissa on nimellisarvoiltaan useita samanlaisia keskuksia, joille laskennan jälkeen olisi tarpeen määrittää nousukaapelit ja pääsulakkeet samankokoisiksi. Tämän toiminnon tekeminen ei onnistu mitenkään yhdellä muokkauksella, vaan jokaiseen kaapeliin ja sulakkeeseen täytyy määrittää arvot yksitellen. Vaihtoehtoisesti voi tietysti kopioida sulakkeen ja kaapelin jokaiselle keskukselle. Tässä tapauksessa ongelmaksi tulee se, että mikäli haluaa käyttää kaapeliluetteloita ja muita ohjelman yhteenvetotaulukoita, on jokaiselle komponentille annettava esimerkiksi syötettävän keskuksen tunnus, jotta taulukosta suoraan käy ilmi, mikä komponentti on kyseessä. Toinen ongelma on jakelukiskon käytössä. Jakelukiskoa käytettäessä ei laskentaan voi määrittää, missä kohtaa kiskoa keskuksen liittytäpiste on, jolloin automaattisesti kaikkien keskusten liittytäpiste on kiskon loppupäässä. Tällöin ei nähdä, millaiset arvot kiskon alkupäähän liitettyllä keskuksella todellisuudessa on. Ohjelmasta näkee kuitenkin pelkän kiskon alku- ja loppupään oikosulkuvirta-arvon. Symboleita suureen verkkoon tulee todella paljon, ja sen huomaa myös kuvaa muokatessa. Ohjelma käy läpi jokaisen symbolin muokkauksen jälkeen verkon komponentit, joiden laskentaan muutokset vaikuttavat. Tämä hidastaa kuvan muokkaamista huomattavasti. Ohjelmassa on myös ominaisuus, joka mahdollistaa verkon tarkastelun eri käyttötilanteissa, jolloin on tarve verrata esimerkiksi oikosulkuvirtoja eri tilanteiden välillä. Ohjelma ei kuitenkaan näytä molempien tilanteiden arvoja samanaikaisesti.

5 Tulosten tarkastelu

Ohjelman tuloksia voidaan pitää toimivana, kun laskennan jälkeen kaikki symbolit ovat ohjelmassa vihreänä. Verkko on kuitenkin melko helppo saada toimivaksi muuttamalla komponenttien arvoja käsin. Silloin verkko voi olla toimiva, muttei kustannustehokas. Tässä mitoituksessa lähes jokainen komponentti on käsin määritetty ja lukittu, jolloin on mahdollista, että jossain kohtaa olisi väärä kaapelipituus tai turhan suuri sulakekoko. Ohjelmasta saa ulos komponenttiluettelot, joista on helppo tarkastaa, että laskelmassa käytetyt arvot ovat oikein. Liitteessä 4 on esimerkkisivu ohjelman tekemästä kaapeliluettelosta. Liitteessä näkyy myös kaapeleiden sähköiset arvot, joita laskennassa on käytetty. Kaapeleiden ominaisuudet ovat ohjelman oletuksia.

Suunnittelun alkuvaiheessa, kun verkon rakenne vasta hahmottuu, ei välttämättä ole järkevää yrittää tehdä verkosta täydellistä. Verkon rakenteen säilyminen ensimmäisen suunnitelman mukaisena on erittäin epätodennäköistä. Siitä syystä kannattaa huomio kiinnittää oleellisimpiin asioihin ja vasta kun todellinen rakenne on selvillä, on järkevämpää tutkia laskelmia syvällisemmin. Keilaranta Towerin kaltaisessa kohteessa kaapeleiden jännitteenalenemat ja oikosulkuvirrat ovat ensisijaisena tarkastelun kohteena. Näistä arvoista on tarkoitus tarkastella, miten verkko toimii sellaisenaan. Kaapelimatkat ovat paikoitellen erittäin pitkiä, ja kauimmaisten pisteiden tarkastelusta käy nopeasti selväksi, onko verkon rakenne sellainen, että sen toteuttaminen ilman tarpeetonta ylimitoittamista on mahdollista.

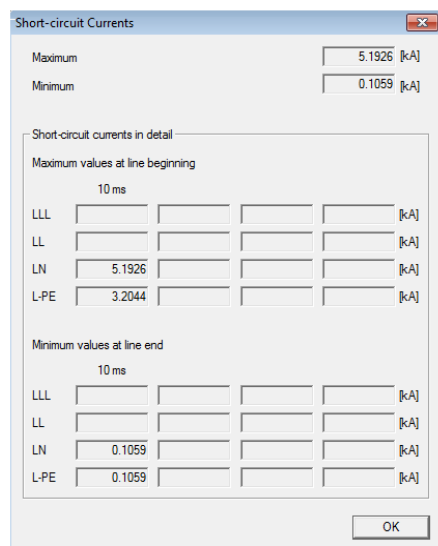
5.1 Verkon pahin piste

Verkon pahin piste on yleensä verkon kauimmainen piste. Pahimmaksi pisteeksi on arvioitu toimistokeskus RK25.2 ja sen UPS-verkon pistorasiaryhmä, jonne etäisyyttä pääkeskuksesta tulee noin 145 johdinmetriä. Keskukseen on määritetty suojalaitteet UPS -laitteistoa sekä sen syöttämää keskusosaa varten. Lisäksi verkkoon on piirretty pistorasiaryhmiä kuvaamaan mahdollisimman todenmukaista käyttötilannetta. Kuvassa 4 on osoitettu, miten kytkentä on toteutettu. Kuvassa oleva tilanne tarkoittaa normaalia käyttötilannetta, jossa UPS-laitteiston läpi johdetaan jännite keskusosalle. Virrat ja jännitteenalenemat tulevat siis koko rakennuksen jakeluverkon komponenteista, koska

ohjelmalla ei ole mahdollista luoda käyttötilannetta, jossa tehonlähteenä olisi pelkkä UPS-laitteiston akusto. UPS-laitteiden toiminta-arvot ovat valmistajakohtaisia.

Kaapeleissa ja kiskoissa on näkyvissä jännitteenalenema tunnuksella dV, se tarkoittaa kyseisessä kaapelissa tai kiskossa tapahtuvaa alenemaa. Jännitteenalenemaa muodostuu myös suojalaitteista, mutta niiden vaikutusta ei erikseen voi tutkia. Kuormissa näkyvä jännitteenalenema on laskettu yhteen kaikista kuormaa edeltävistä verkon osista. Kun tarkastellaan kuvassa 5 näkyvää kuormaa L220, nähdään, että jännitteenalenema on 3,81 prosenttia. Vaikka se onkin lähellä ylärajaa, ei alenema todellisuudessa ole noin suuri. Tämä johtuu siitä, että jännitteenalenemaan vaikuttaa johtimessa kulkeva virran määrä, joka tässä laskelmassa perustuu keskusten kuormien tasauskerroimiin. Esimerkiksi jakelukisko BW16, johon keskus 25.2 on kytketty, syöttää lisäksi 17 muuta keskusta. Kaikkien kiskoon liitettyjen keskusten hetkellinen kuorma vaikuttaa jakelukiskon jännitteenalenemaan. Kuormiin määritetty tasauskerroin on todennäköisesti pienempi kuin se tulee todellisuudessa olemaan, jolloin kuormat pienenevät. Kun kuormat pienenevät, myös jakelukiskon jännitteenalenema pienenee. Lisäksi ryhmäkeskuksen UPS -osaan liitettävä kuorma on jaettu neljään ryhmään, mutta todennäköisesti ryhmiä tulee enemmän, jolloin kuormat jakautuvat pienempiin paloihin.

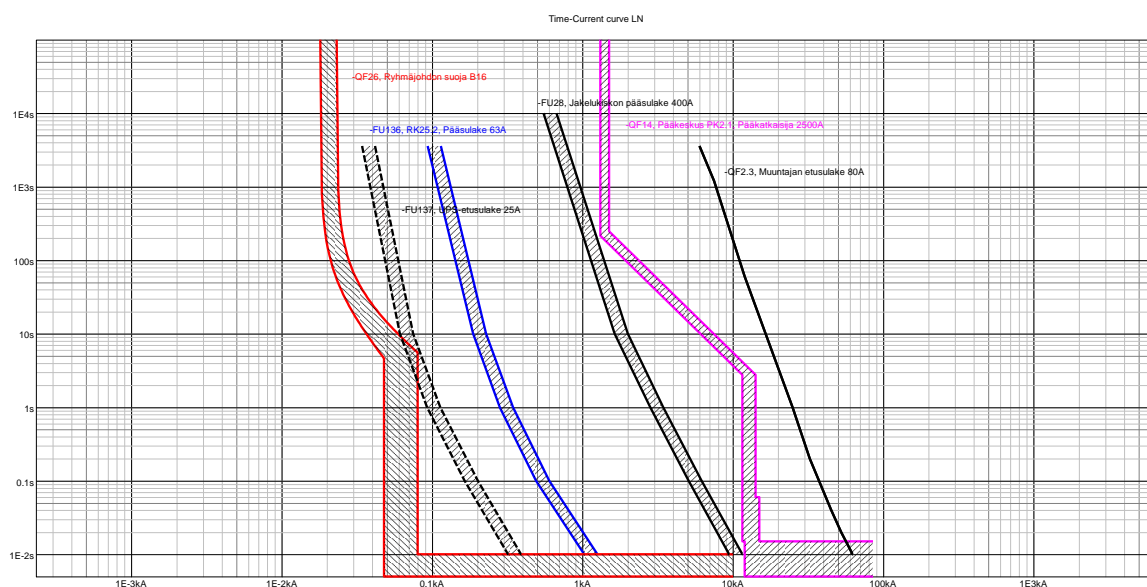
Suurin oikosulkuvirta näkyy kuvassa suoraan ainoastaan keskusten kiskostossa tunnuksella Scc max (Short -Circuit Current). Muiden verkon osien oikosulkuvirtoja täytyy tarkastella yhteenvetotaulukoista tai näpäyttämällä haluttua komponenttia. Kuvassa 6 on näkymä kuorman L220 ryhmäjohton WC148 oikosulkuvirroista. Kuvassa on esitetty oikosulkuvirta-arvot kaapelin alku- ja loppupäässä, ja tässä tapauksessa näkyvissä on 1-vaiheiset oikosulkuvirrat, koska kuorma on 1-vaiheinen. Kuvasta huomataan, että ryhmäjohton vaikutus oikosulkuvirran suuruuteen on erittäin suuri. Kaapelin alkupäässä oikosulkuvirta on yli 5 kA, ja johdon loppupäässä oikosulkuvirran suuruus ylittää johdonsuojakatkaisijan laukaisuun vaaditun vähimmäisarvon niukasti.



Kuva 6. Kaapelin WC148 oikosulkuvirrat

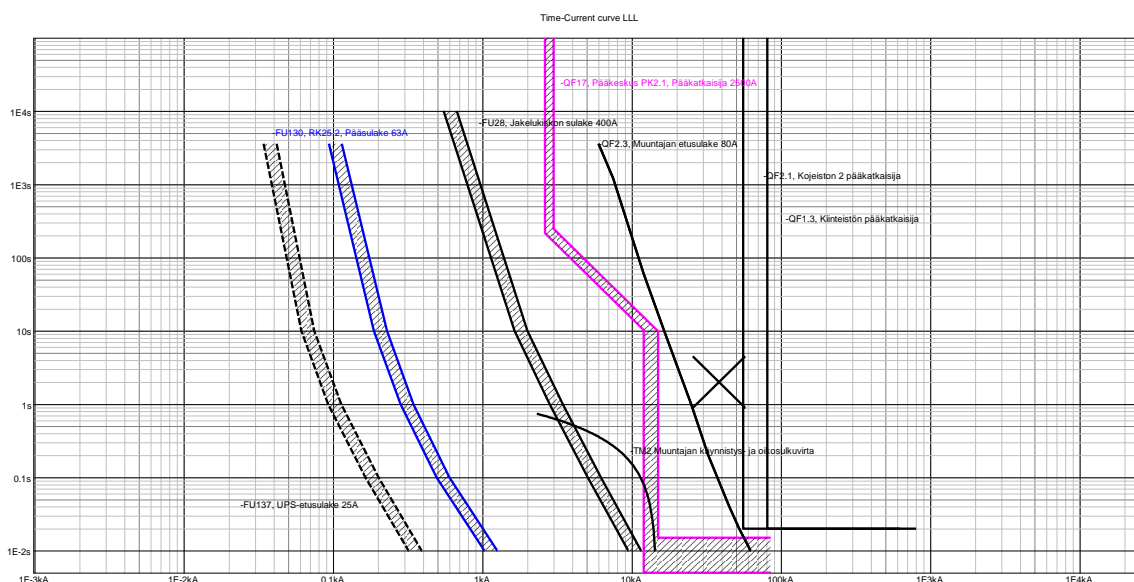
5.2 Selektiivisyys

Selektiivisyyttä on tarkasteltu verkon pahimmasta pisteestä RK25.2 aina sitä syöttävälle pääkeskukselle PK2.1 asti. Kuviin 7 ja 8 on kasattu verkossa olevien suojalaitteiden laukaisukäyrät, joista voidaan helposti tarkastella miten eri katkaisijat ja sulakkeet vika-tilanteessa toimivat. Kuvissa on kuvattu käyrät 1-vaiheisessa ja 3-vaiheisessa tilanteessa. Kuvat ovat täysikokoisena liitteen 3 sivulla 15 ja 16.



Kuva 7. Jakeluverkon 1-vaiheiset selektiivisyysskäyrät.

Verkon selektiivisyys on kunnossa silloin, kun käyrät eivät leikkaa toisiaan. Kuvasta 7 näkyy, että UPS-laitteiston etusulake ja ryhmäjohton johdonsuojakatkaisija eivät ole täysin selektiivisiä keskenään. Etusulakkeen ollessa tulppasulake on sen toiminta-aika hitaampi kuin johdonsuojakatkaisijalla, jolloin verkko on selektiivinen, koska johdonsuojakatkaisija toimii ensin. Todellisuudessa UPS-laitteen etusulaketta ei asenneta, koska UPS -laitteistojakaan ei asenneta alustavan suunnitelman mukaan. Lisäksi toimistoihin mahdollisesti asennettavat UPS ovat niin pienitehoisia, että mikäli niiden akkukäytön aikana tapahtuisi oikosulku, ei verkko olisi selektiivinen. Pienten UPS-laitteiden akuston aikaansaama oikosulkuvirta ei riitä laukaisemaan 16 A:n johdonsuojakatkaisijaa, jolloin henkilöturvallisuuden vuoksi UPS-laite ajaa itsensä sammuksiin.



Kuva 8. Jakeluverkon 3-vaiheiset selektiivisyyskäyrät.

Kuvassa 8 näkyy verkon 3-vaiheisten suojien laukaisukäyrät 3-vaiheisessa oikosulussa. Näiden suojien osalta verkko on täysin selektiivinen. Kuvassa näkyy myös muuntajan toimintavirtoja, jotka täytyy huomioida kojeistojen katkaisijoiden määrittelyssä. Tunnuksella TM2 oleva kaari kuvaa muuntajan käynnistysvirtaa, se ei saa ylittää muuntajan etusulakkeen eikä kojeiston katkaisijan laukaisuvirta-arvoja. Lisäksi tekniikkakerroksessa on yhteensä kolme muuntajaa kojeiston pääkatkaisijan perässä, jolloin nopeassa jännitteen takaisinkytkennässä muuntajien käynnistysvirta on kolminkertainen kuvassa näkyvään virtaan nähden. Kuvassa oleva risti merkkää muuntajan oikosulkuvirran suuruuden. Muuntajan oikosulku ei saa laukaista kojeistojen pääkatkaisijoita, jolloin mui-

den muuntajien jännitteen syöttö katkeaisi, mutta sen pitää kuitenkin polttaa muuntajaa suojaava sulake.

5.3 Muita huomioita

Keskuksissa sulakkeiden ja johdonsuojakatkaisijoiden valinnassa täytyy huomioida eräs asia, jota ei tässä laskelmassa ole selvästi todennettu. Johdonsuojakatkaisijoita on olemassa eri kokoluokkia, käyttötarkoitus riippuu katkaistavan oikosulkuvirran suuruudesta. Pienimmässä luokassa johdonsuojakatkaisijan oikosulkuvirrankestoisuus on 6 kA. Tällöin ryhmäkeskuksessa johdonsuojakatkaisijaa edeltävä etusulake voi olla enintään 80 A:n suuruinen. Etusulakkeella on tarkoitus rajoittaa oikosulkuvirta alle 6 kA, jolloin johdonsuojakatkaisija kestää vikatilanteen mekaanisesti ja kykenee katkaisemaan oikosulkuvirran. Kuten kokoustilojen keskuksessa RK1.4 tai kiinteistökeskuksessa 6, on keskusten pääsulake yli 80 A, ja näissä keskuksissa olisi suunniteltu käytettävän johdonsuojakatkaisijoita ryhmäjohtojen suojana. Tällöin keskus tulee jakaa sisäisesti pienempiin osiin, ja osat suojataan pienemmillä etusulakkeilla. Toinen vaihtoehto olisi käyttää johdonsuojakatkaisijaa, jonka oikosulkuvirrankestoisuus on esimerkiksi 10 kA tai 25 kA. Suuremman oikosulkukestoisuuden omaavat johdonsuojakatkaisijat ovat kalliimpia, ja vasta myöhemmässä vaiheessa suunnitelmia määritellään, mikä on kokonaisuudeltaan järkevin ratkaisu. Keskuksen pääsulakkeen ja etusulakkeen saaminen selektiiviseksi ei kuitenkaan ole ongelma, koska sulakkeiden välille saa helposti tehtyä kokoeroa. Kaikki nousukaapelit on pyritty mitoittamaan siten, että sulakekokoja voi suurentaa tarvittaessa myöhemmin kaapelia vaihtamatta.

Lisäksi liitteen 3 laskelmasta voi huomata, että jokaiseen pääkeskukseen on piirretty kompensointiparisto mahdollisia loistehoja varten. Paristot ovat tässä vaiheessa kuitenkin piirretty kuvaan vain tilavaraukseksi, vaikka laskelman ensimmäisellä sivulla olevan tiedon mukaan loistehoa verkossa tulisi olemaan. Tämä johtuu siitä, että tehokerroin ei ole missään keskuksessa tasan 1, vaan hieman alle, koska työssä on haluttu varautua hieman todellisuutta pahempaan tilanteeseen. Todellisuudessa valaistuksen tehokerroin on lähes 1, kuten myös moottoreissa, koska niitä todennäköisesti ohjataan taajuusmuuttajilla. Toimistotilojen tuottama loisteho on nykyisin niin pientä, että kompensointia ei yleensä tarvita.

6 Pohdintaa

Keilaranta Towerin kaltaisessa rakennuksessa on luonnollisesti useita eri tapoja toteuttaa pääjakeluverkko. Tässä työssä on käyty läpi yksi mahdollinen verkon toteutustapa ja samalla pyritty huomioimaan asioita, jotka voivat huomattavasti vaikuttaa verkon rakenteeseen. Suunnittelun yksi suurimmista kysymyksistä tulee varmasti olemaan kiinteistön energianmittauksen toteutustapa ja se, miten mittareiden sijoittelu toteutetaan siten, että se miellyttää kaikkia osapuolia.

Suunnitelman jakeluverkko on yritetty mitoittaa kaapeleiden ja suojalaitteiden osin mahdollisimman järkeväksi. Muuntajat on suunniteltu siten, että ne palvelevat joko kiinteistötekniikka tai toimistojen ryhmäkeskuksia. Kellarin muuntajalla tosin on molempia kuormia. Kuormat on jaettu neljälle 1 600 kVA:n muuntajalle, johtuen suurista LVI-järjestelmien tehoista. Mikäli suurille järjestelmille suunniteltaisiin enemmän keskuksia, tehot jakautuisivat pienempiin osiin. Siinä tapauksessa muuntajien kokoja voisi olla mahdollista pienentää ja verkon voisi toteuttaa kolmella muuntajalla. Optimointia ei kuitenkaan tässä vaiheessa suunnitelmaa ole tehty niin tarkaksi. Toiseksi muuntajia vähennettäessä kuormat sekoittuisivat, ja sitä on tässä suunnitelmassa haluttu välttää.

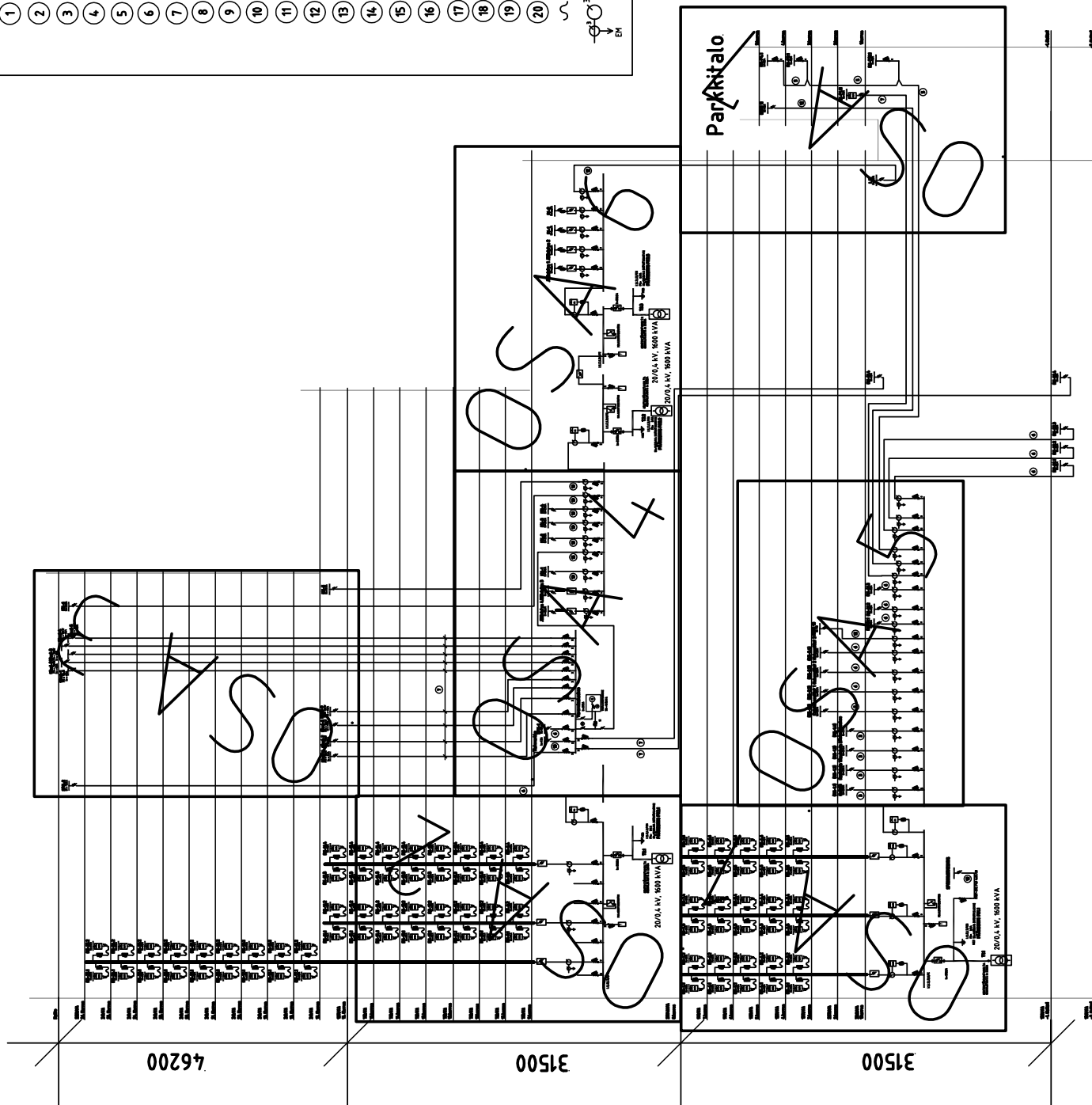
ABB DOC-ohjelmalla tehty laskelma on rakennettu siten, että sen muokkaaminen toisentyypiseksi on melko vaivatonta ja sen hyödyntäminen on mahdollista, mikäli suunnittelua viedään jatkossa pidemmälle. Ohjelman käyttömukavuudessa on hyviä ja huonoja puolia Keilaranta Towerin tyyppisen rakennuksen mitoituksessa. Koska näin suuressa rakennuksessa on paljon keskuksia, se tarkoittaa, että verkossa on paljon määritettäviä osia. Vaikka verkon rakenne on ohjelmassa helppo muotoilla ja rakentaa, ei sen arvojen muokkaaminen ole kaikissa tilanteissa kovinkaan nopeaa tai kätevää. Mitoituksessa on kuitenkin lähestulkoon pakko käyttää jotain laskentaohjelmaa, ja ABB DOC-ohjelmistolla laskelmasta saa ulos paljon erilaista tietoa. Sen vuoksi se on erinomainen työkalu verkon mitoittamiseen. Tässä työssä ohjelmiston tarjoamista eduista ei ole hyödynnetty lähellekään kaikkea johtuen siitä, että ohjelma on suunniteltu käytettäväksi erityyppisissä mitoituksissa eikä kaikkia ominaisuuksia tarvita kaikissa mitoituksissa.

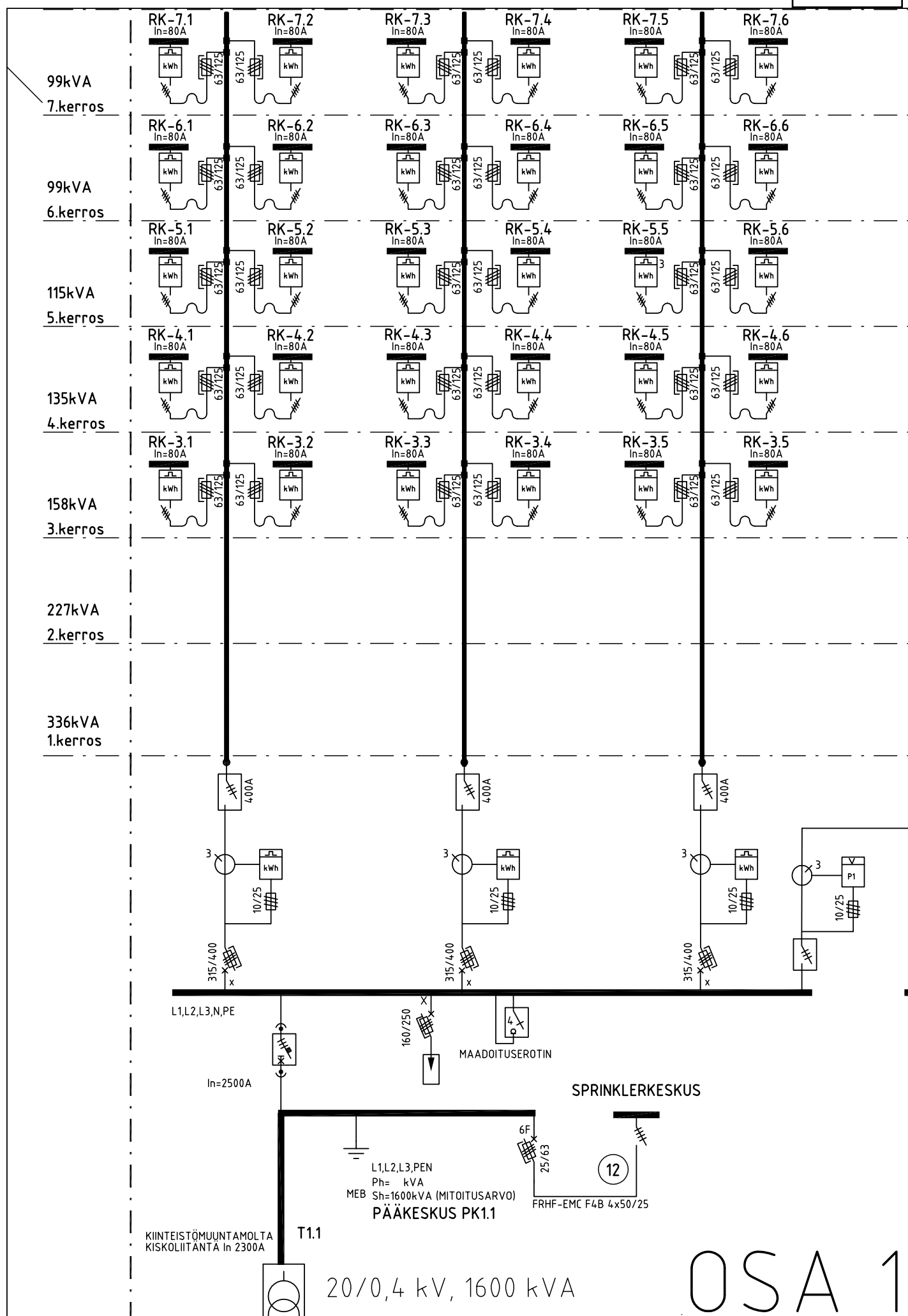
Keilaranta Towerin mitoittaminen on ollut mielenkiintoista työtä, ja sitä tehdessä olen oppinut paljon uutta. Mitoitusta tehdessä ajatukset ovat väkisinkin ajautuneet pohtimaan pääjakelun lisäksi muitakin sähkösuunnitteluun liittyviä asioita. Koska Keilaranta Towerin tyyppisen rakennuksen suunnitteluprosessi on erittäin laaja ja saattaa sisältää suuren määrän erilaisia järjestelmiä, on niiden toteutustavan pohtiminen helppo tapa kuluttaa aikaa.

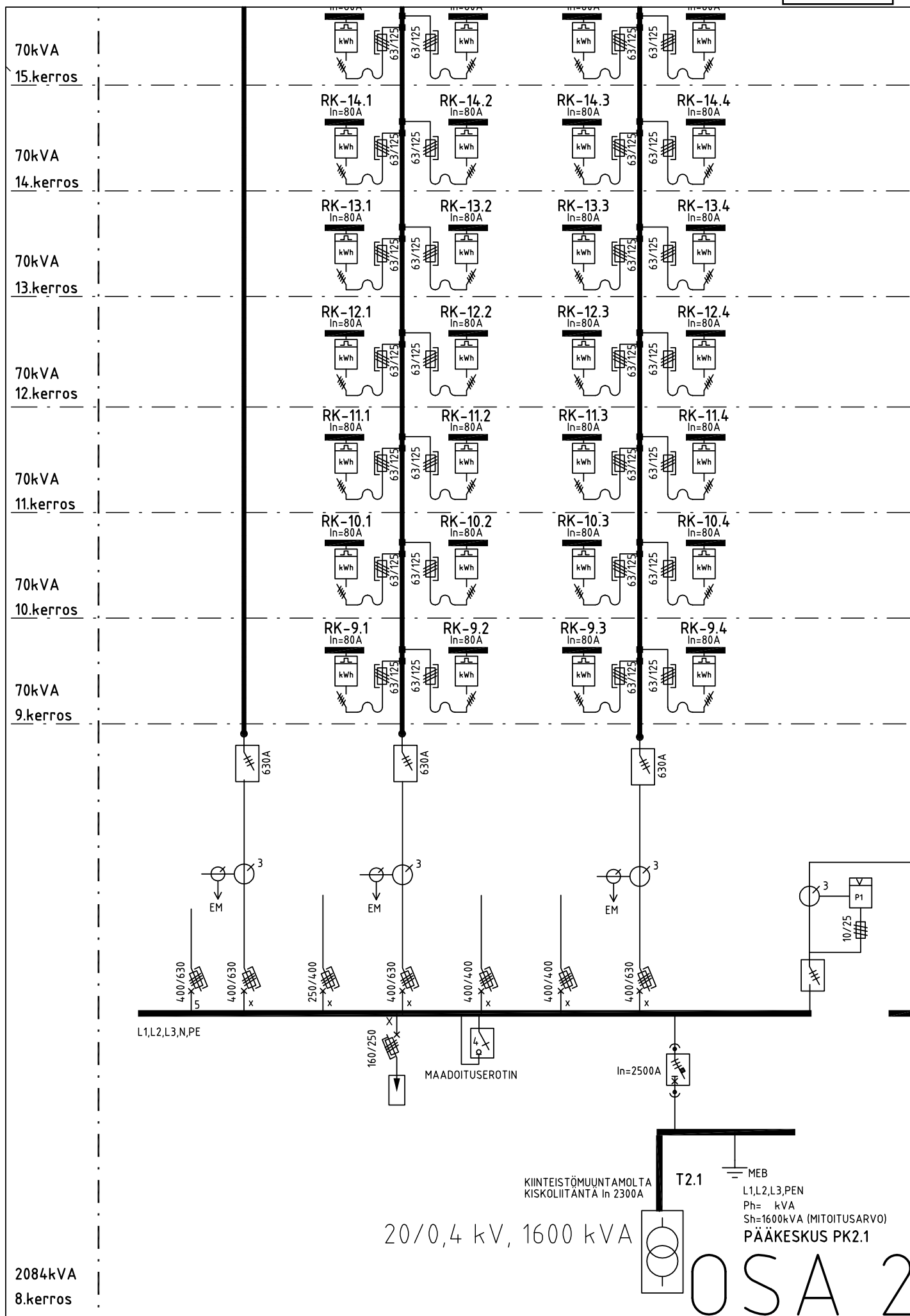
Lähteet

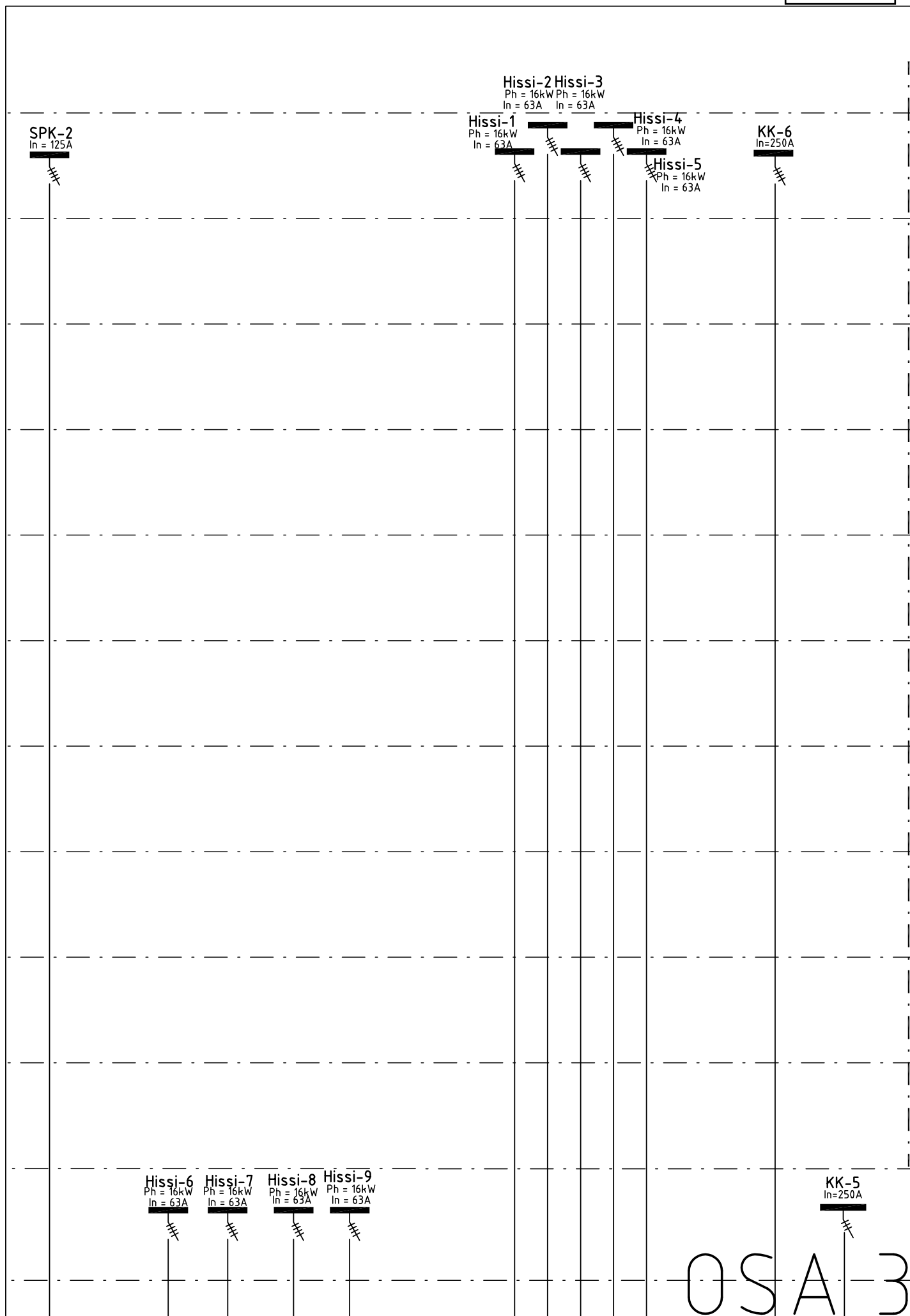
- 1 Pilvenpiirtäjä. 2012. Verkkodokumentti. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/Pilvenpiirtäjä>> Päivitetty 14.3.2012. Luettu 15.3.2012.
- 2 Skyscraper. 2012. Verkkodokumentti. <<http://en.wikipedia.org/wiki/Skyscraper>> Päivitetty 27.3.2012. Luettu 27.3.2012
- 3 Pajuriutta, Satu. 2012. Metro kirittää Espoon torneja. Helsingin Sanomat, 21.2.2012, osa A.
- 4 Keilaranta Tower. 2012. Verkkodokumentti. <<http://www.keilarantatower.fi/>> Luettu 15.3.2012
- 5 Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen. 2001. Sähkötiетokortisto, ST 13.31. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 6 K- ja S1-luokan teräsbetonisten väestönsuojien sähkö- ja viestintälaitteet sekä asennukset. 2010. Sähkötiетokortisto, ST 51.30. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 7 Lehtinen, Lauri. 2007. Virtakiskostot korvaamaan perinteistä kaapelointia? Sähköala, 6–7/2007, s. 36—38.
- 8 Savunhallintajärjestelmä. Suunnittelu. 2010. Sähkötiетokortisto, ST 51.50.10. Espoo: Sähköinfo Oy.

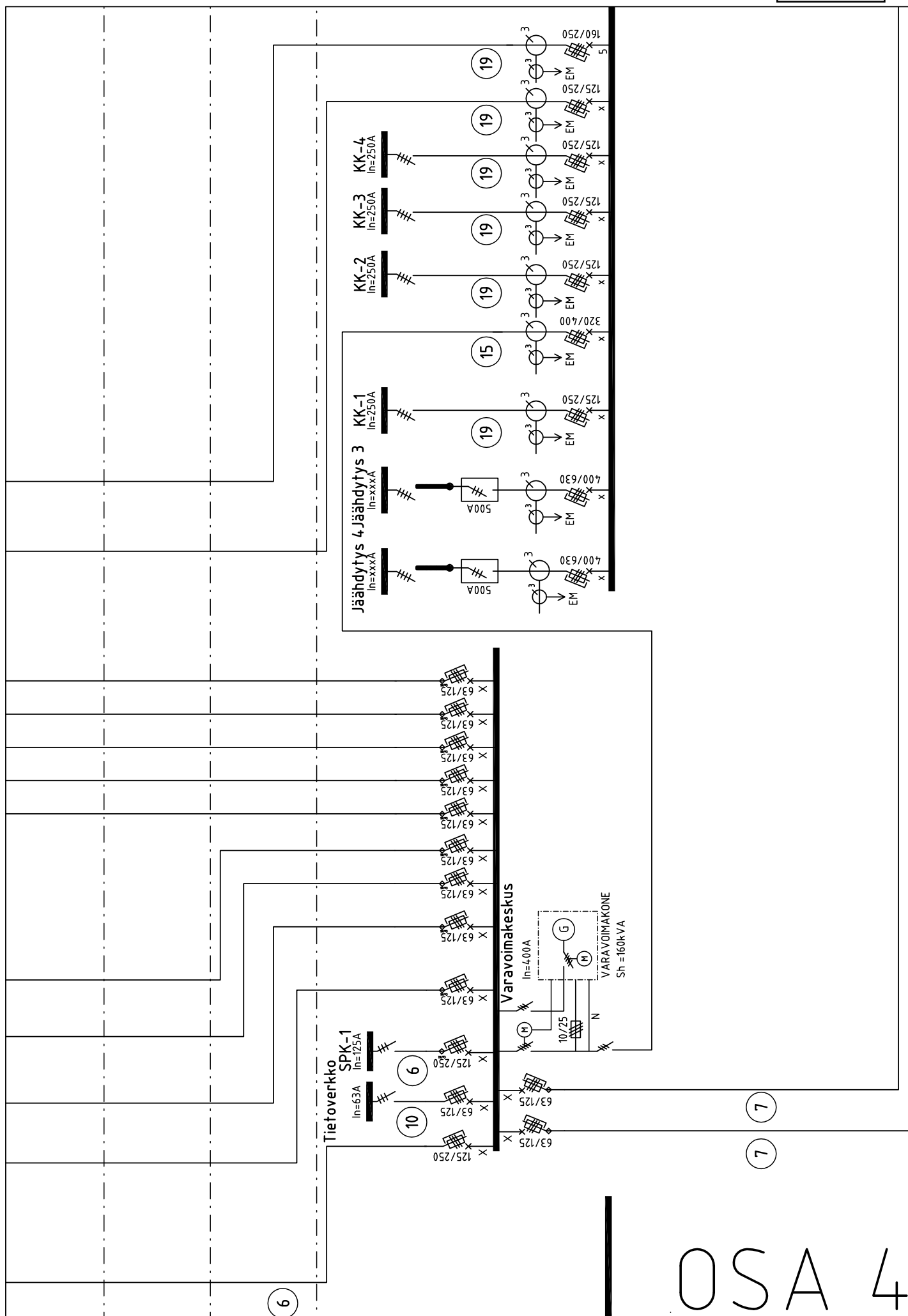
- 1 = 2KPL AMCMK 4x240Al+72CuS
 - 2 = 2KPL 4x120Al+42CuS
 - 3 = 2KPL 4x185Al+57CuS
 - 4 = AMCMK 4x185Al+57CuS
 - 5 = AMCMK 4x120Al+42CuS
 - 6 = AMCMK 4x70Al+21CuS
 - 7 = AMCMK 4x35Al+16CuS
 - 8 = MMJ 5x16S
 - 9 = MMJ 5x10S
 - 10 = MMJ 5x6S
 - 11 = AMCMK 3x185Al+57CuS
 - 12 = MMJ 5x25S
 - 13 = AMCMK 3x185Al+95Al/57CuS
 - 14 = AMCMK 4x70Al+21CuS
 - 15 = AMCMK 4x240Al+72CuS
 - 16 = AMCMK 4x300Al+88CuS
 - 17 = MCMK 4x185/95
 - 18 = 2KPL MCMK 3x120/70
 - 19 = AMCMK 4x95/29Cu
 - 20 = 2KPL AMCMK 4x185/57
- ~ = VSKB 5x25S
 ~ = PULSSILASKURI





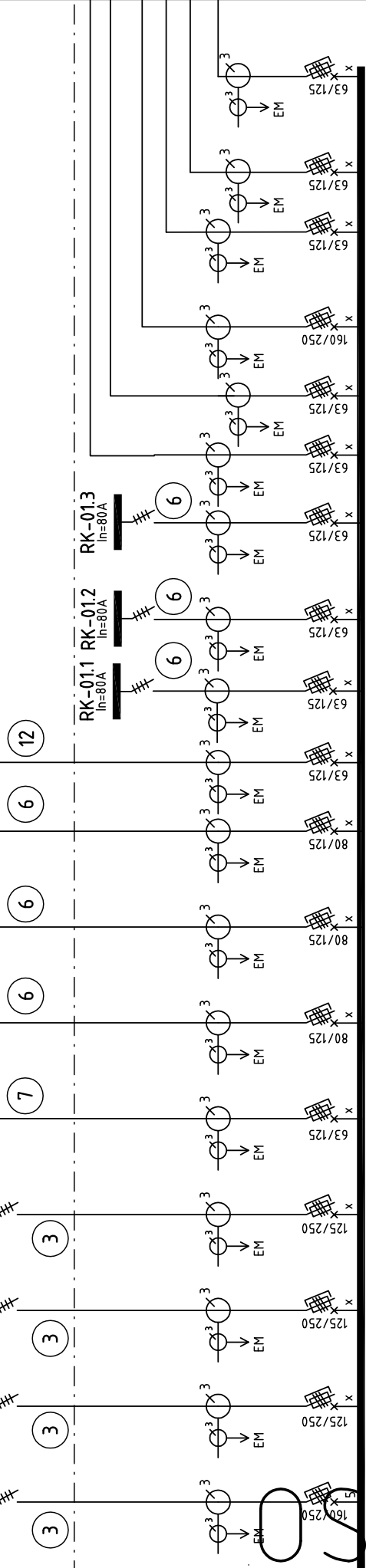


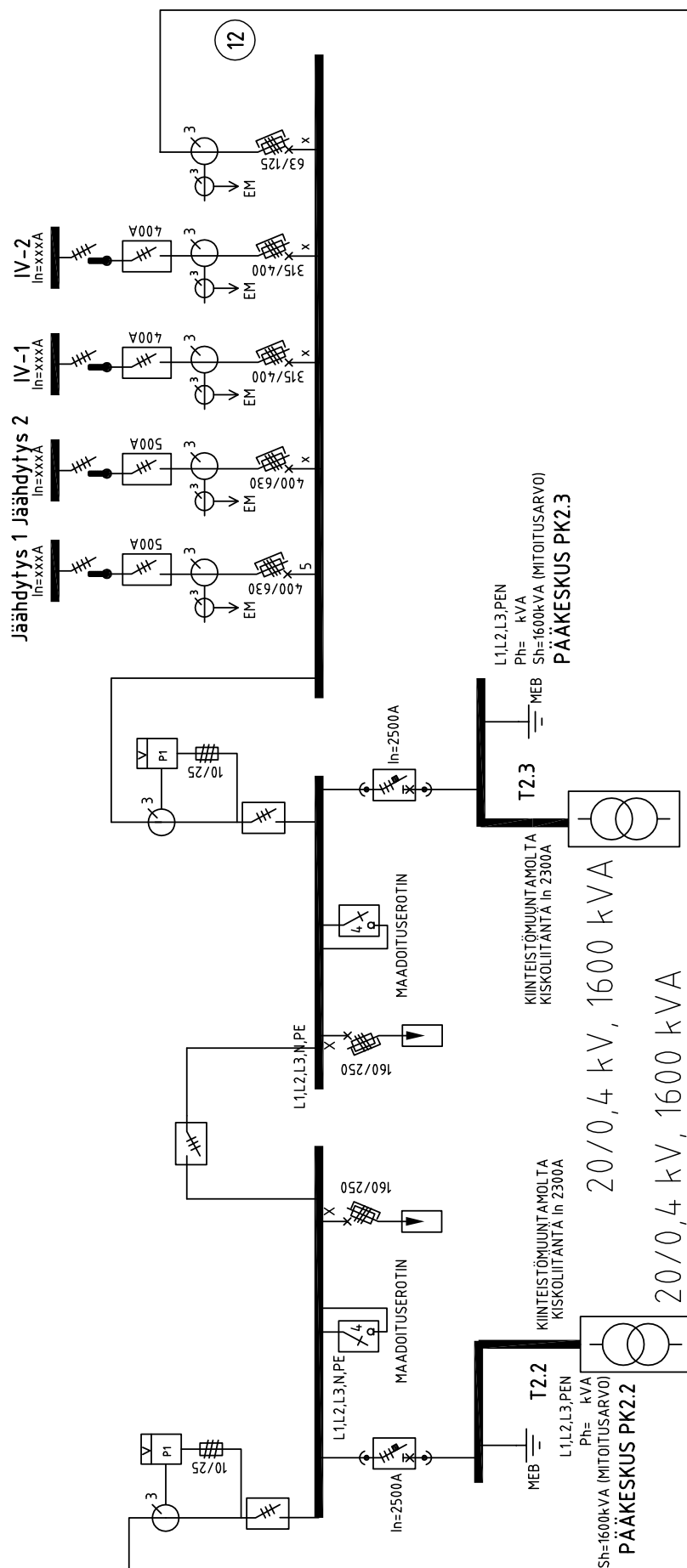




(RK-2.1) (RK-2.2) (RK-2.3) (RK-2.4)
Cafekokoustitilat 1 Kokoustitilat 2 Kokoustitilat 3 HISSI 10
In=125A In=125A In=125A In=63

(RK-1.1) (RK-1.2) (RK-1.3) (RK-1.4)
Keittiö Ravintola 1 Ravintola 2 Kokouskeskus
In=250A In=250A In=250A In=250A





Ph= kVA
Sh=1600kVA (MITOITUSARVO)

PÄÄKESKUS PK2.2

KIINTEISTÖMUUTAMOLTA
KISKOLIITANTÄ ln 2300A

KIINTEISTÖMUUTAMOLTA
KISKOLIITÄNTÄ In 2300A

20/04 kV 1600 kVA

KIINTEISTÖMUUTAMOLTA
KISKOLITÄNTÄ IN 2300A

KIINTEISTÖMUUTAMOLTA
KISKOLIITÄNTÄ ln 2300A

20/04 kV 1600 kVA

T2.3

T2.3

7

PÄÄKESKUS PK2.3

Ph= kVA
Sh=1600kVA (MITOITUSARVO)

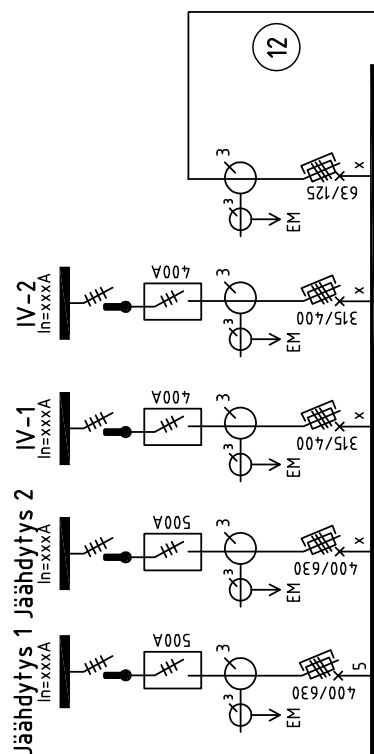
$P_h = \text{kVA}$

 $Sh=1600kVA$

T2.3

T2.3

7



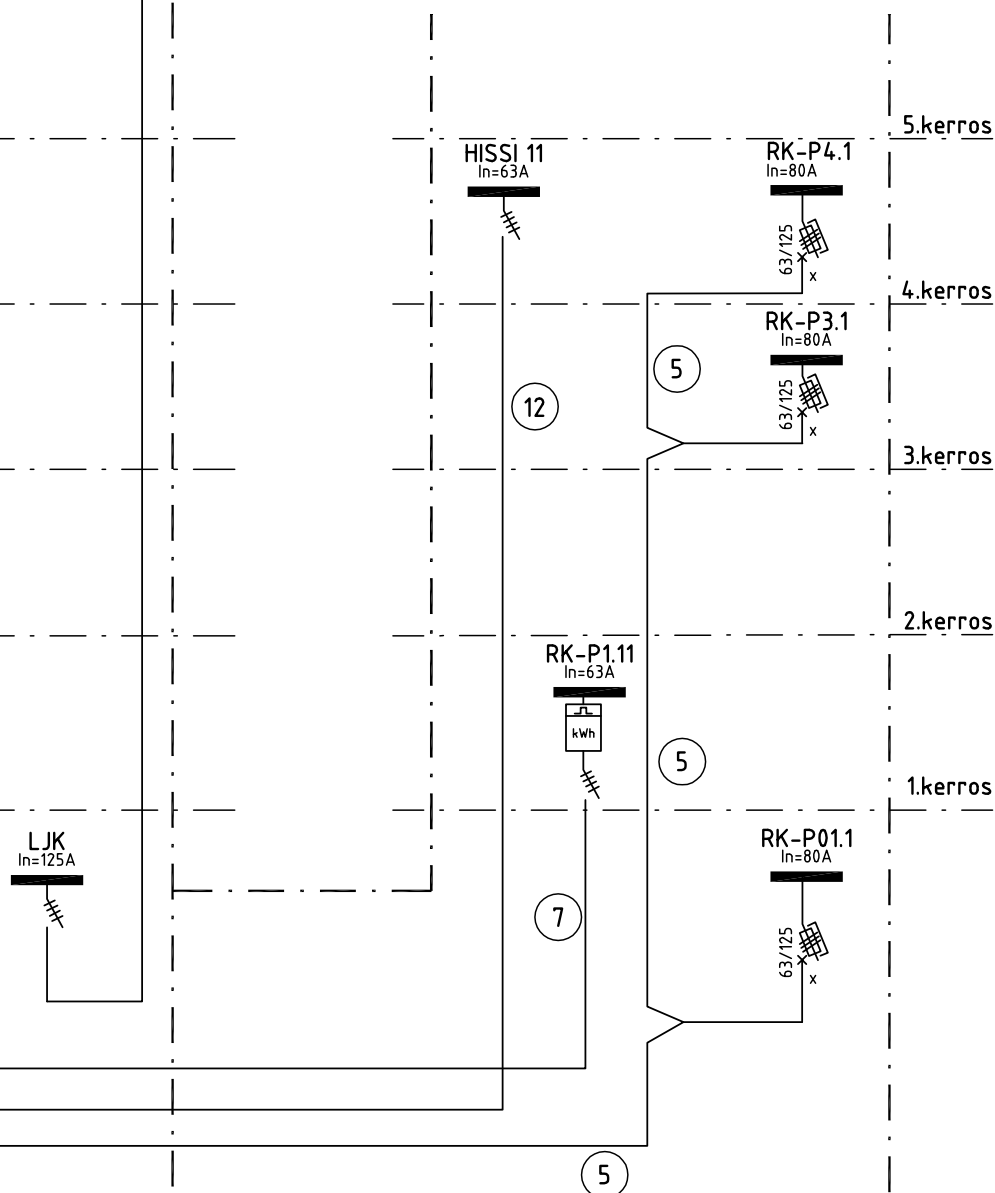
Jäähdytys 1
ID-xxxxΔ

Äähditys 2

IV-2
[0-xxxxA]IV-2
[0-xxxxA]

12

Parkkitalo



111 KEILARANTA TOWER

1. Kerros

HUONEISTOALAT

Aulapalvelut 435 m²

Kokouskeskus 900 m²

Ravintolatilat 1 950 m²

Hissiaula 100 m²

Oikeudet muutoksiin pidätetään



3. Kerros

HUONEISTOALAT

Toimistotilaa 2 280 m²

Varastotilaa 15 m²

Hissiaula 70 m²

Aulassa varaus valoaukolle ja sisäiselle portaalle.

Jaettavissa kuudelle käyttäjälle.

Kerros muutettavissa kokouskeskukseksi.

Oikeudet muutoksiin pidätetään
Toimiston ryhmäkeskus
RK-3.4

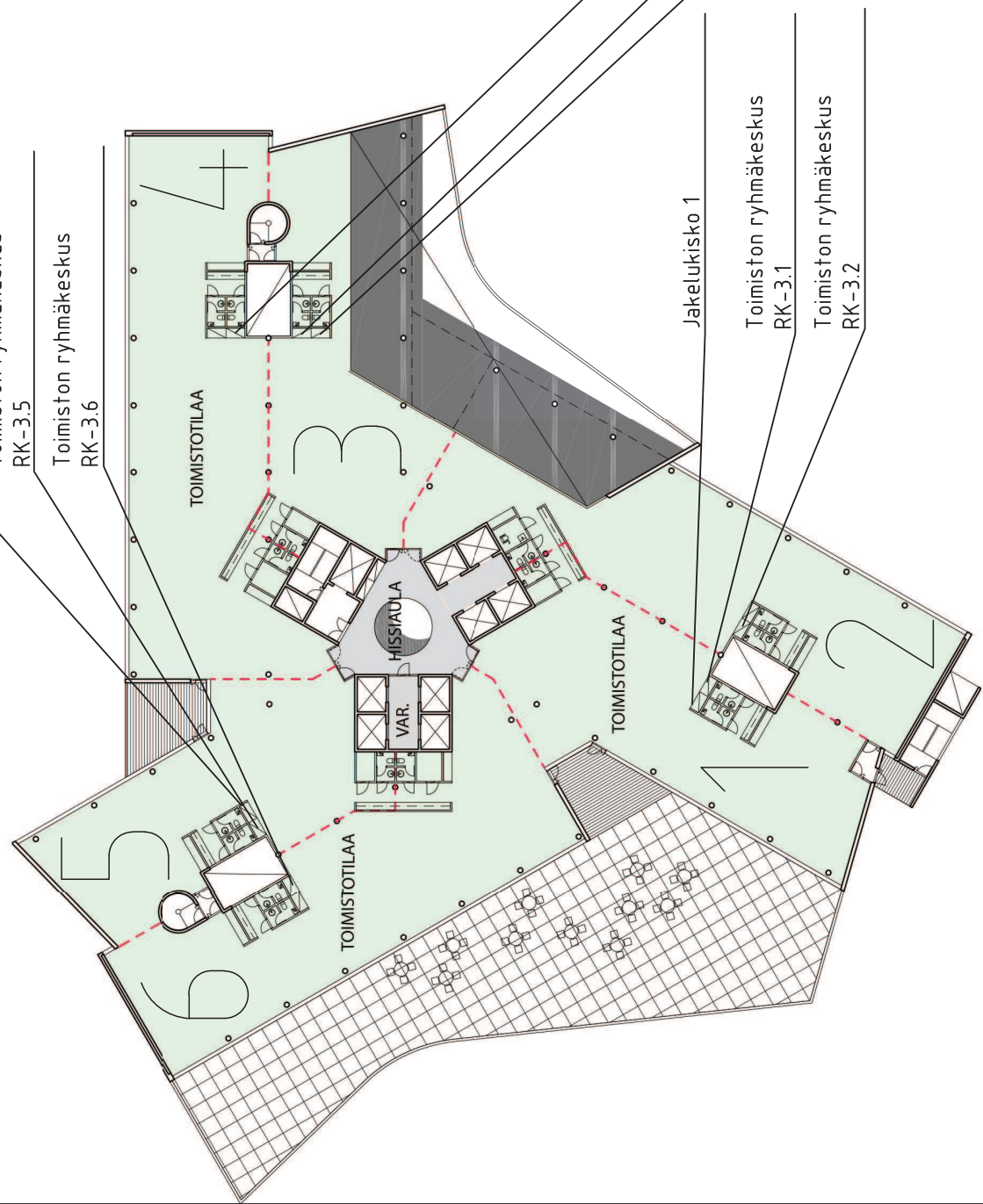
Toimiston ryhmäkeskus
RK-3.3

Jakelukisko 2

Jakelukisko 3

Toimiston ryhmäkeskus
RK-3.5

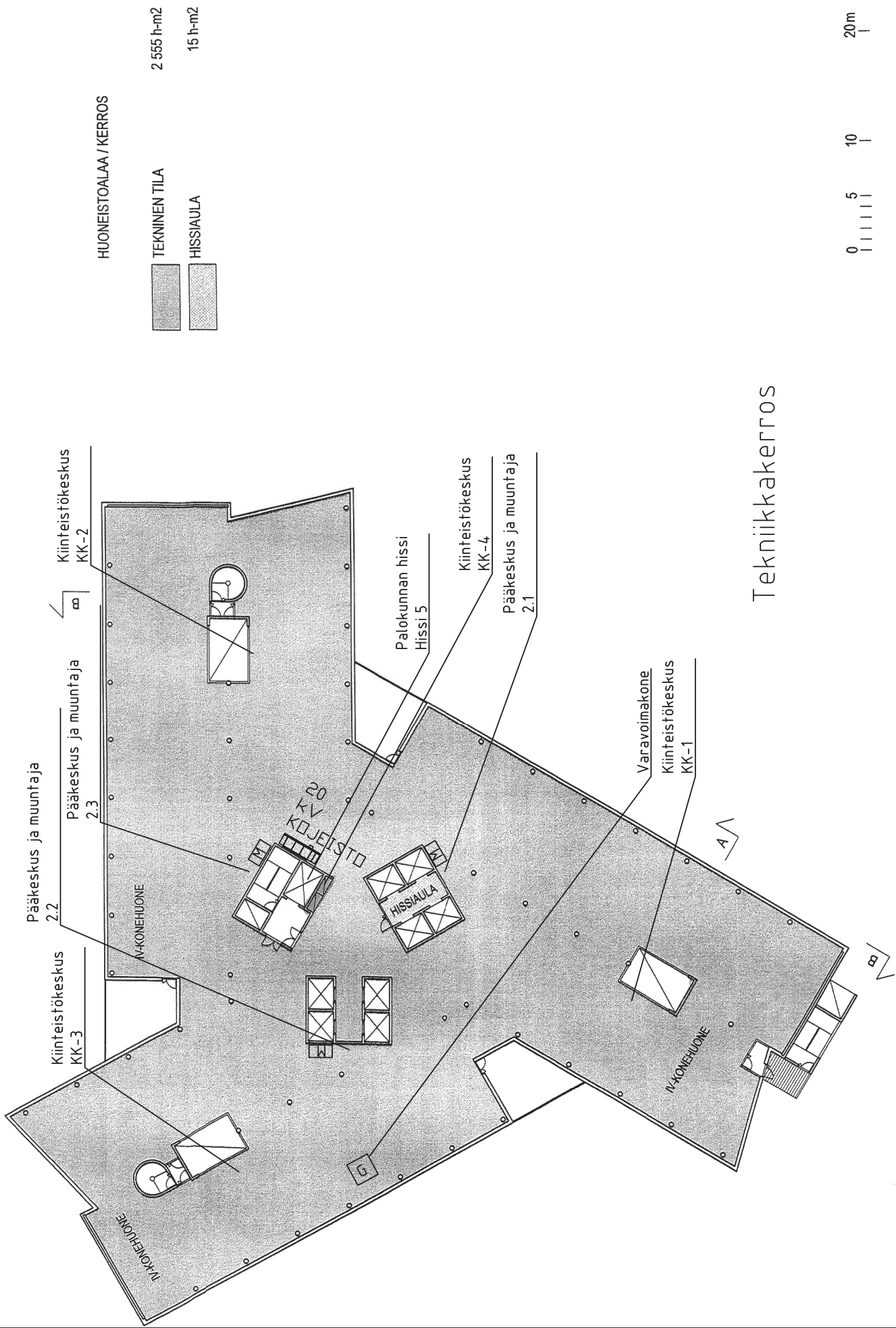
Toimiston ryhmäkeskus
RK-3.6



Jakelukisko 1

Toimiston ryhmäkeskus
RK-3.1

Toimiston ryhmäkeskus
RK-3.2



Tekniikkakerros

11
KEILARANTA
TOWER

9.-16. Kerros

HUONEISTOALAT / KERROS

Toimistotilaa 1 715 m²

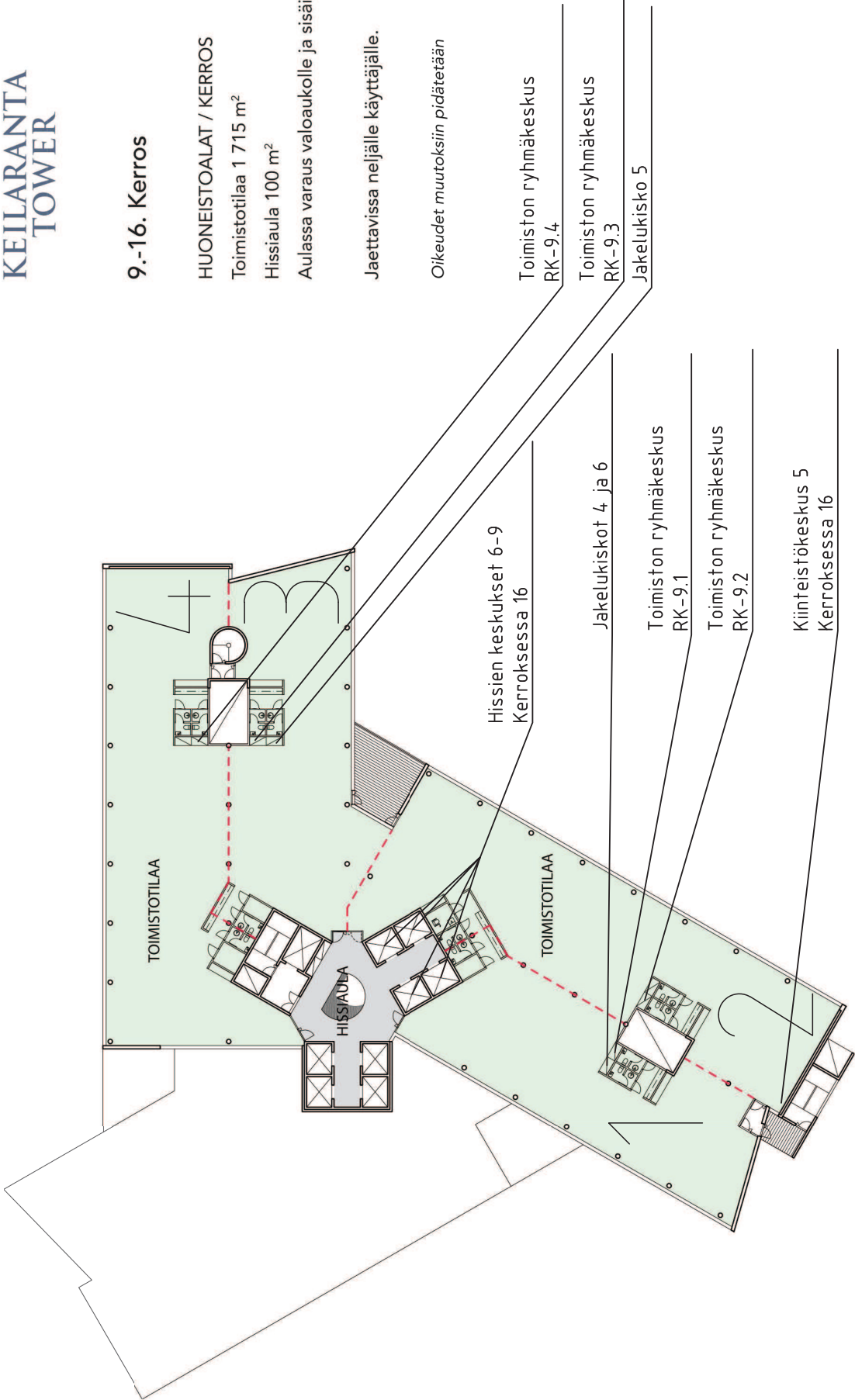
Hissiaula 100 m²

Aulassa varaus valoaukolle ja sisäiselle portaalle.

Jaettavissa neljälle käyttäjälle.

Oikeudet muutoksiin pidätetään

Toimiston ryhmäkeskus
RK-9.4
Toimiston ryhmäkeskus
RK-9.3
Jakelukisko 5



11
KEILARANTA
TOWER

17.-25. Kerros

HUONEISTOALAT / KERROS

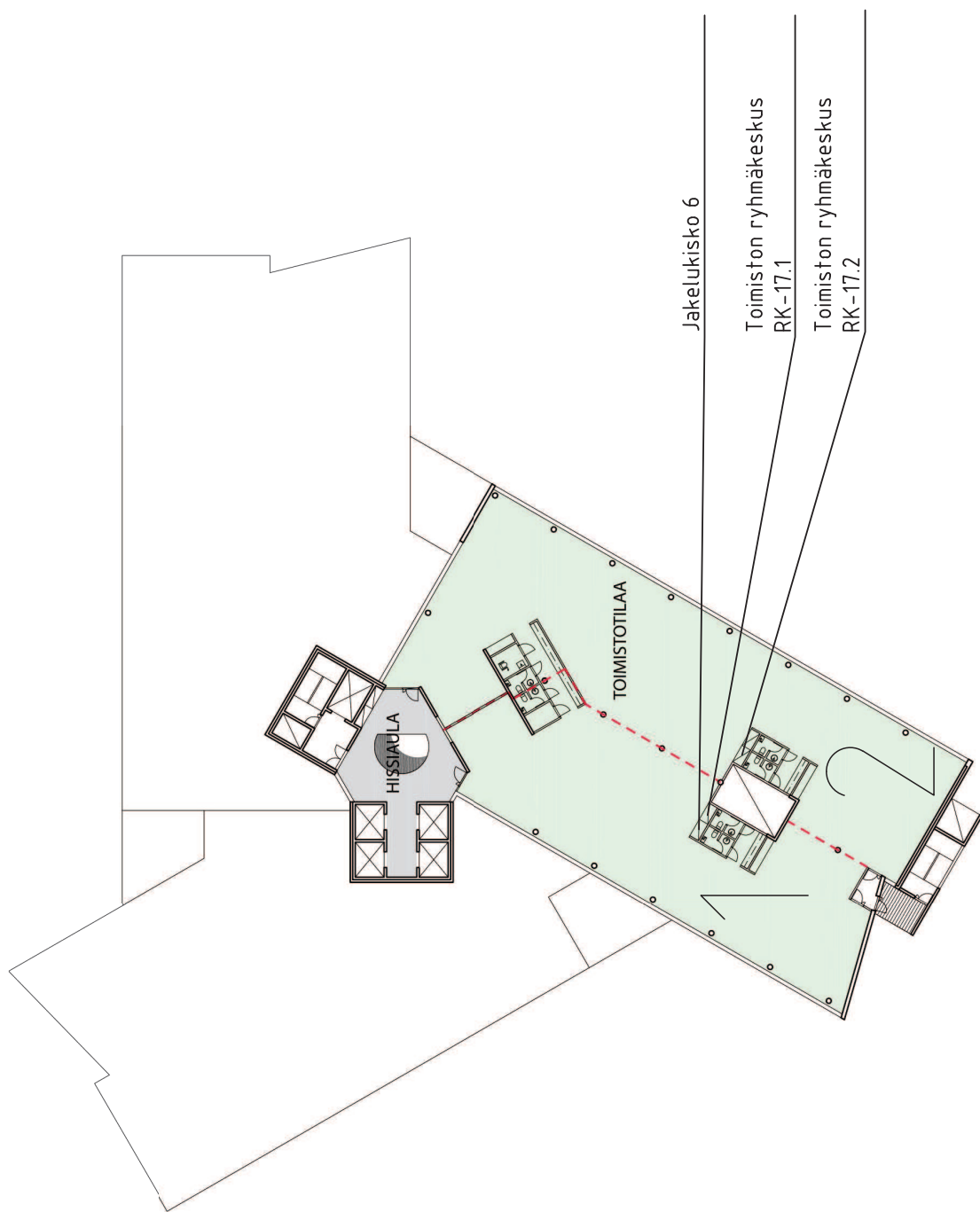
Toimistotilaa 905 m²

Hissiaula 70 m²

Aulassa varaus valoaukolle ja sisäiselle portaalle.

Jaettavissa kahdelle käyttäjälle.

Oikeudet muutoksiin pidätetään



26. Kerros

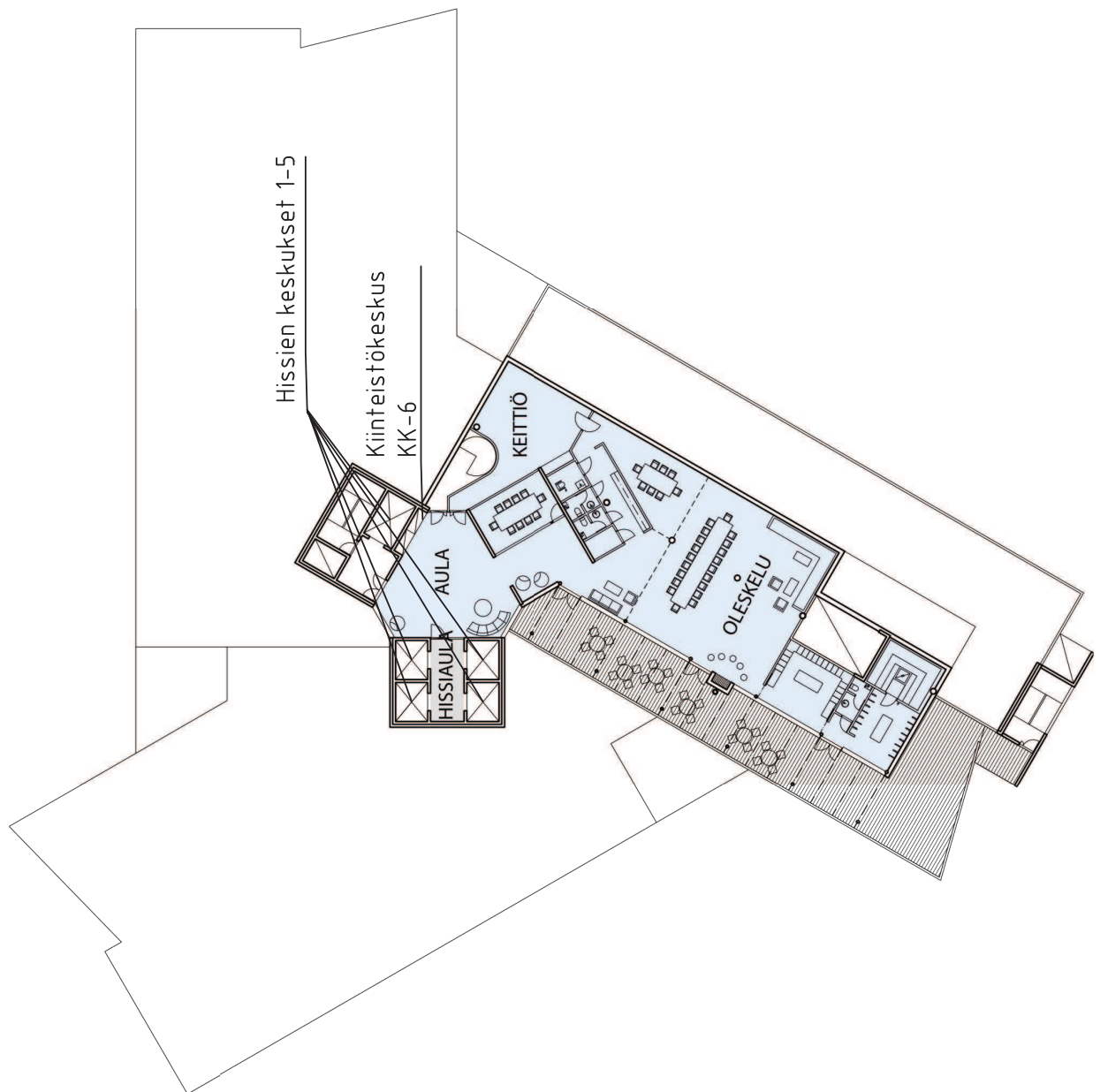
HUONEISTOALAT

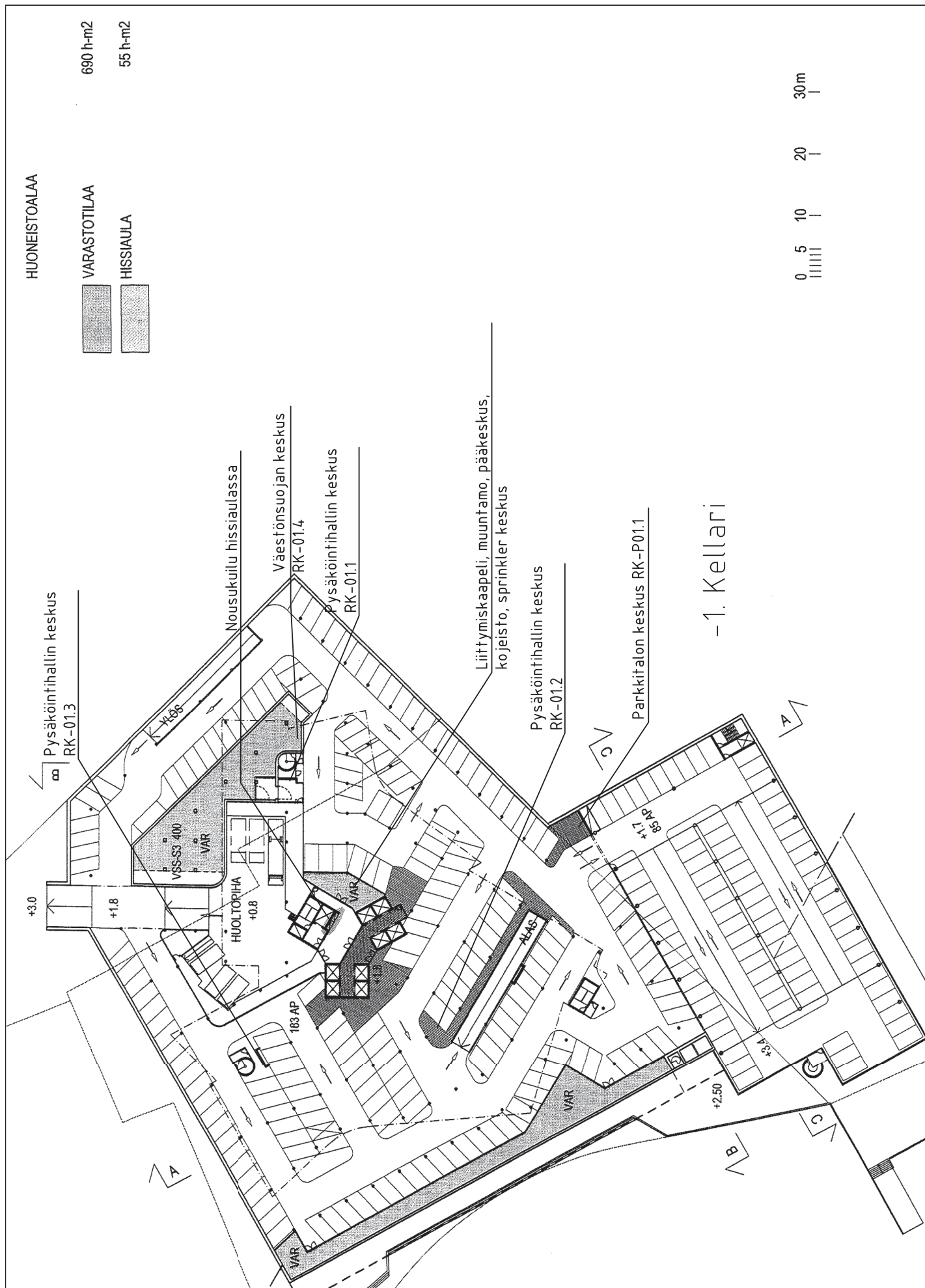
Saunaosasto 450 m²

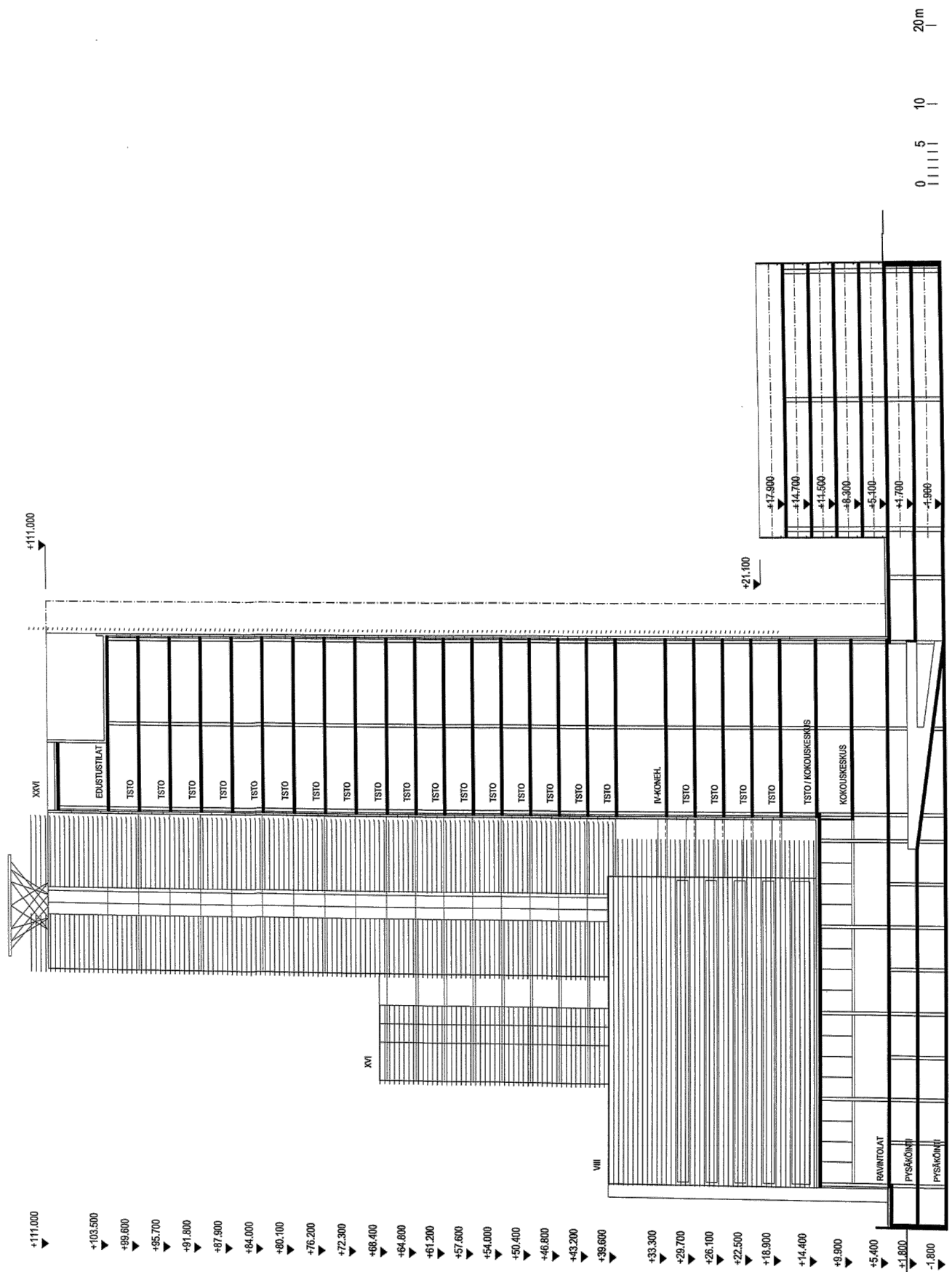
- 3 neuvottelutilaa

Hissiaula 15 m²

Oikeudet muutoksiin pidätetään



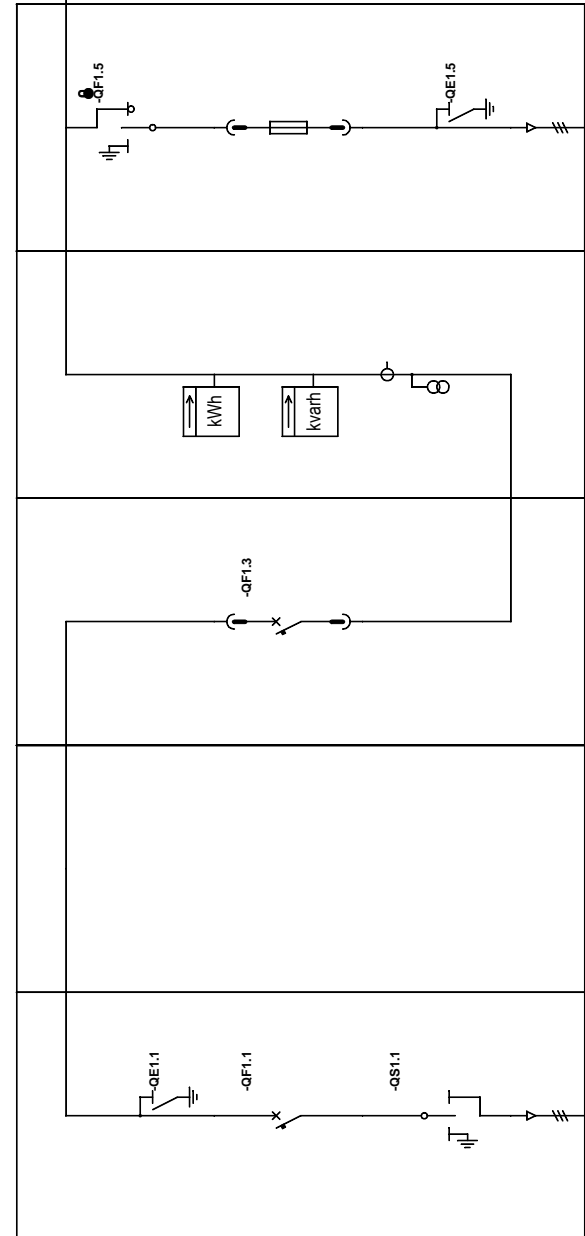


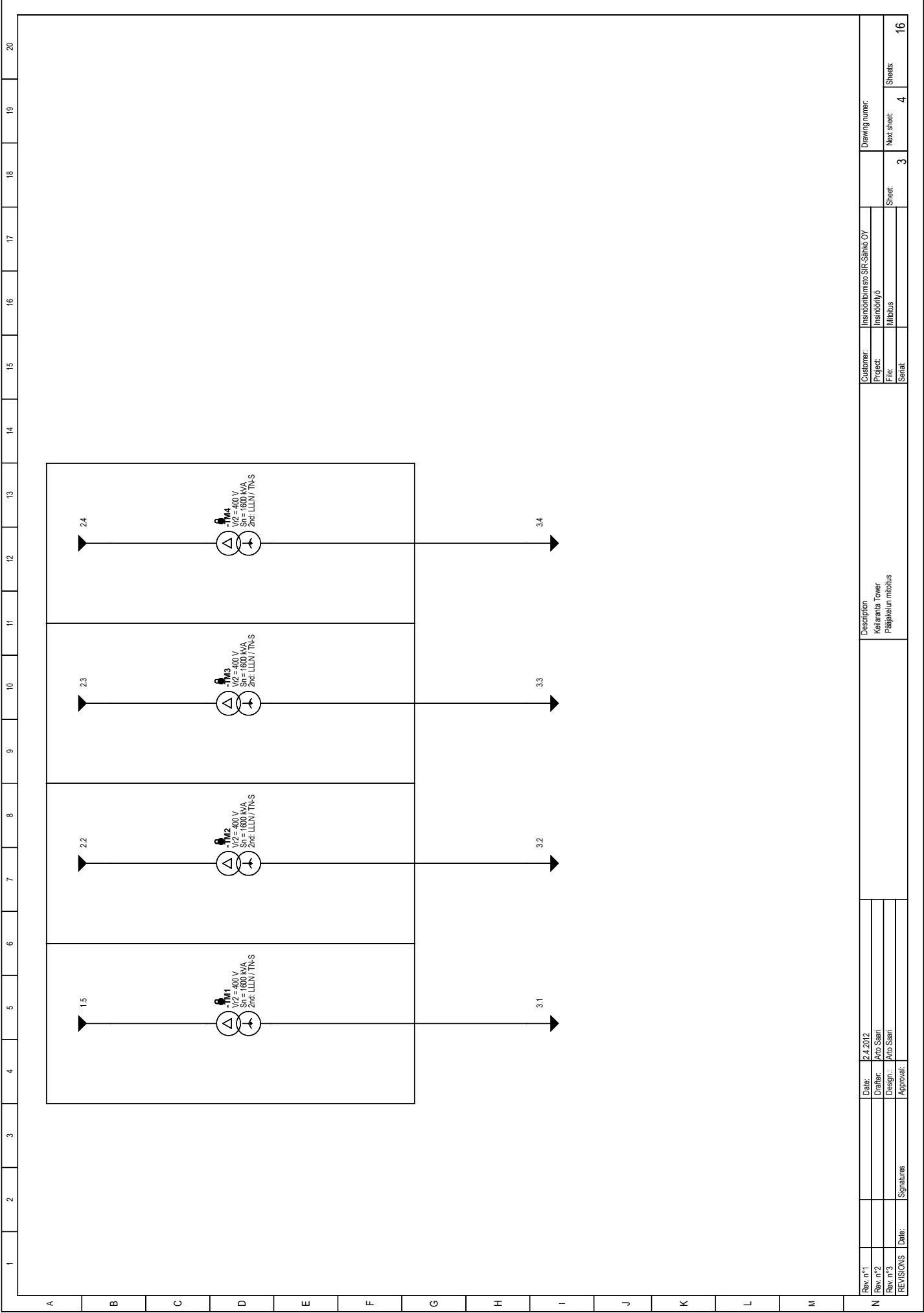


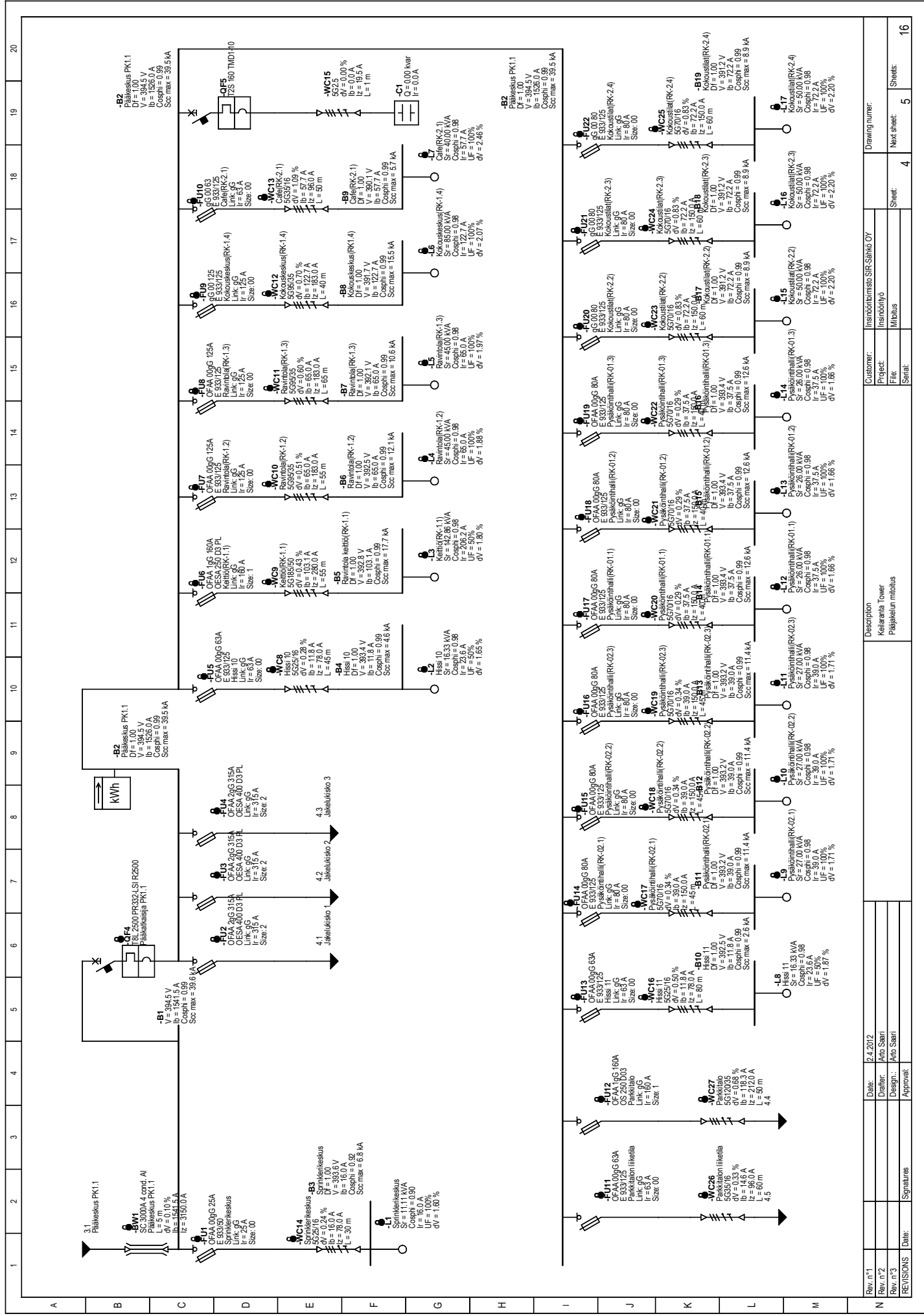
<div>Customer:</div> <div>Project:</div>	<div>Insinööritoimisto SIR-Sähkö OY</div> <div>Insinöörityö</div>		<div>Calculated by:</div> <div>File name:</div> <div>Record #:</div>																		
	<div>Notes:</div> <div>Keilaranta Tower</div> <div>Pääjakelun mitoitus</div>																				
	<div>Designed by:</div> <div>Arto Saari</div>																				
	<div>Revisions</div> <table><tr><td>Rev. n°1</td><td></td><td></td><td>Date:</td><td>2.4.2012</td></tr><tr><td>Rev. n°2</td><td></td><td></td><td>Drafter:</td><td></td></tr><tr><td>Rev. n°3</td><td></td><td></td><td>Design:</td><td>Arto Saari</td></tr><tr><td colspan="2">SIGNATURES</td><td colspan="3">APPROVAL</td></tr></table>			Rev. n°1			Date:	2.4.2012	Rev. n°2			Drafter:		Rev. n°3			Design:	Arto Saari	SIGNATURES		APPROVAL
Rev. n°1			Date:	2.4.2012																	
Rev. n°2			Drafter:																		
Rev. n°3			Design:	Arto Saari																	
SIGNATURES		APPROVAL																			

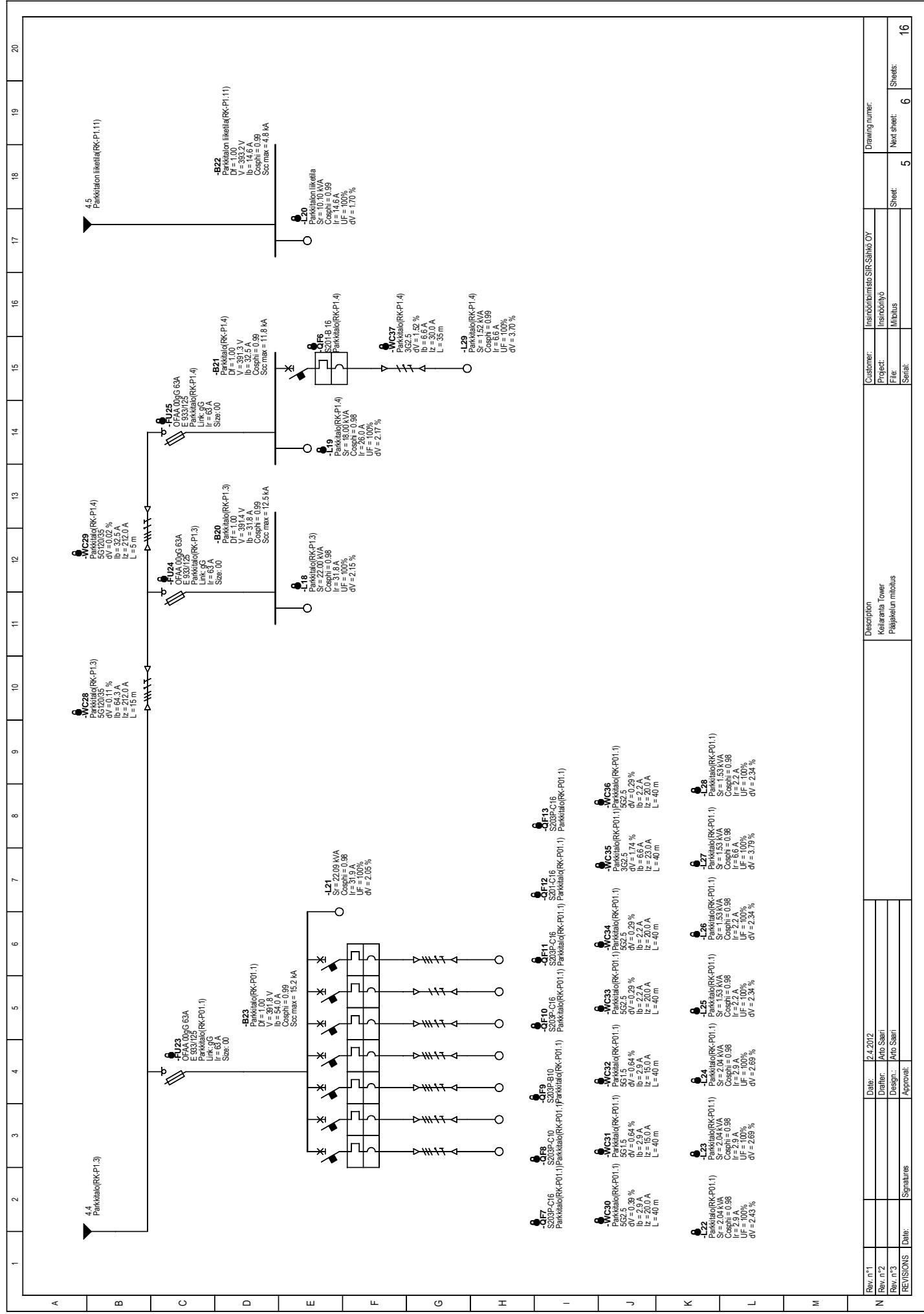
[illegible]

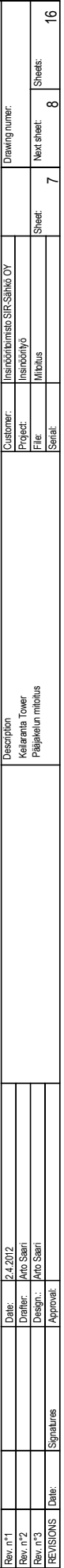
[illegible]

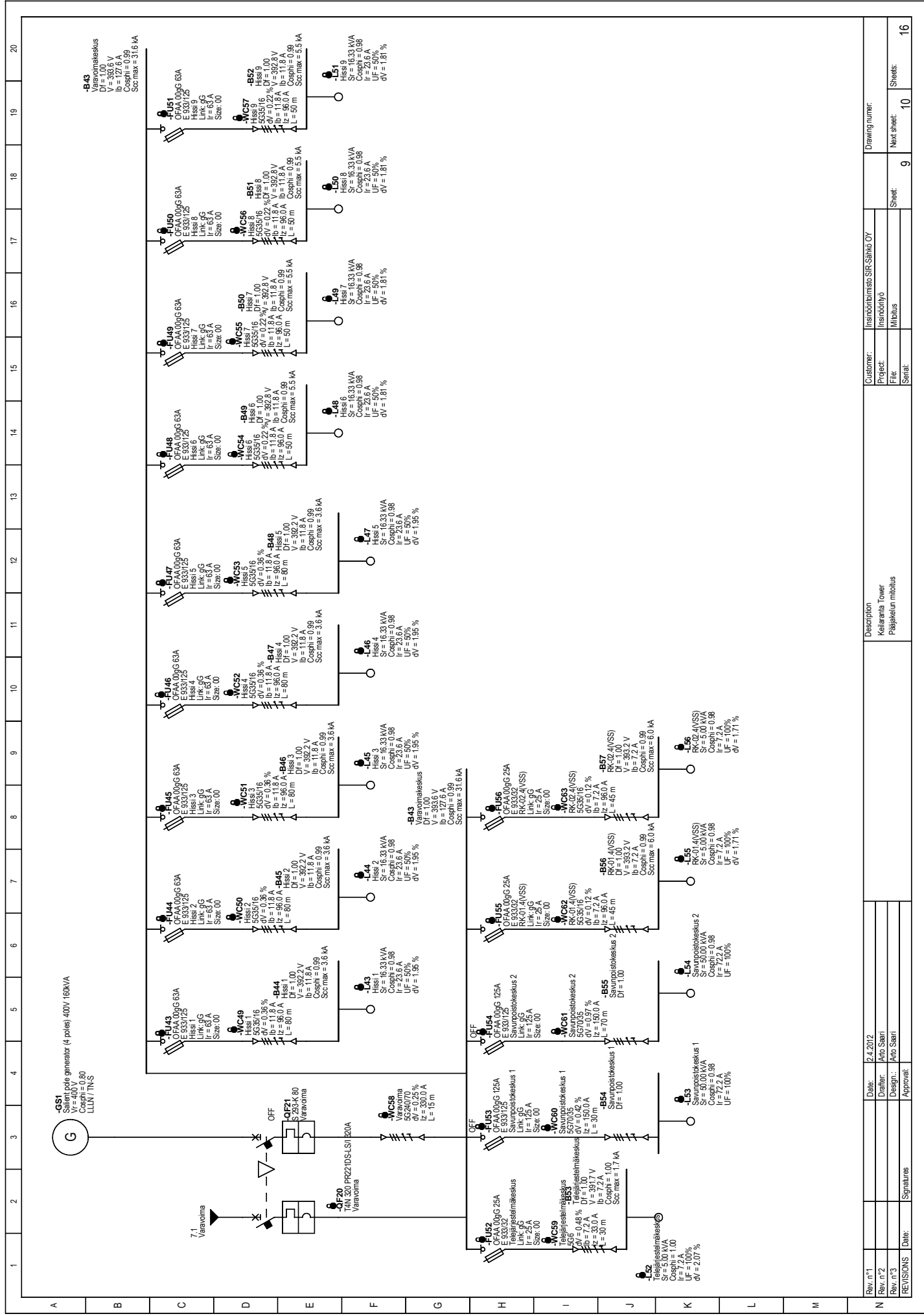
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20													
A	<table><tr><td>Rated Voltage</td><td>[V]</td><td>20000</td></tr><tr><td>Isc ILL</td><td>[kA]</td><td>12.5</td></tr><tr><td>Active power</td><td>[kW]</td><td>3371.4</td></tr><tr><td>Reactive power</td><td>[kvar]</td><td>768.4</td></tr></table>			Rated Voltage	[V]	20000	Isc ILL	[kA]	12.5	Active power	[kW]	3371.4	Reactive power	[kvar]	768.4																		
Rated Voltage	[V]	20000																															
Isc ILL	[kA]	12.5																															
Active power	[kW]	3371.4																															
Reactive power	[kvar]	768.4																															
B	→																																
C																																	
D																																	
E																																	
F																																	
G																																	
H																																	
I																																	
	Lead																																
J	Unit type			Typical Unit P1A																													
	Circuit breaker			HD4UnMic-R 24.06.12 P230																													
	Disconnector or Switch-disconnector			SHS2/A 24.04.12																													
	Earth Disconnector			24 kV 16 kA																													
K	MV Fusee			REF542PlusDK																													
	MV Trip unit			Combinator 240A																													
	Contd sensors or Current transformer			TO - REF542DK																													
	Homopolar current transformer																																
	Voltage transformer																																
L	Cable data																																
	Cable type			Cu-XLPE-65																													
	Conductors / Screen sizes			3x(1x50)/16																													
	Length (m)			1																													
	lb			[A]																													
	Iz			254.9																													
M	Isc max			12.5																													
	Auxiliaries																																
N	Rev. n°1			Date:			2.4.2012															Drawing number:											
	Rev. n°2			Drifter:			Ato Saari															Insinööri/SIR-Sähkö Oy											
	Rev. n°3			Design:			Ato Saari															Project:											
REVISIONS				Date:			Approval:			Description										Sheet:													
				Signatures			Kellaranta Tower										Next sheet:																
							Pääjälkelun mitaus										Sheets:																
																	2																
																	16																



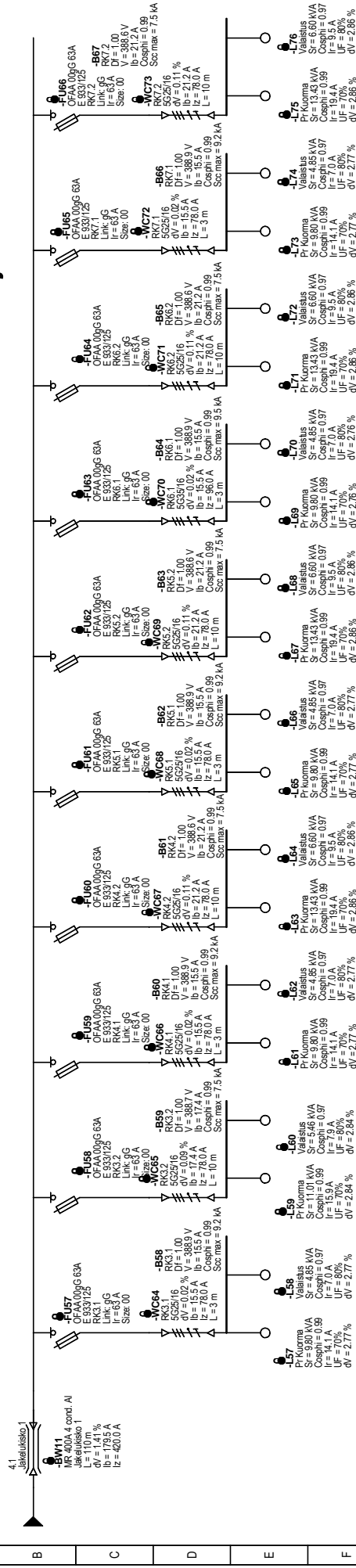
[illegible]

[illegible]

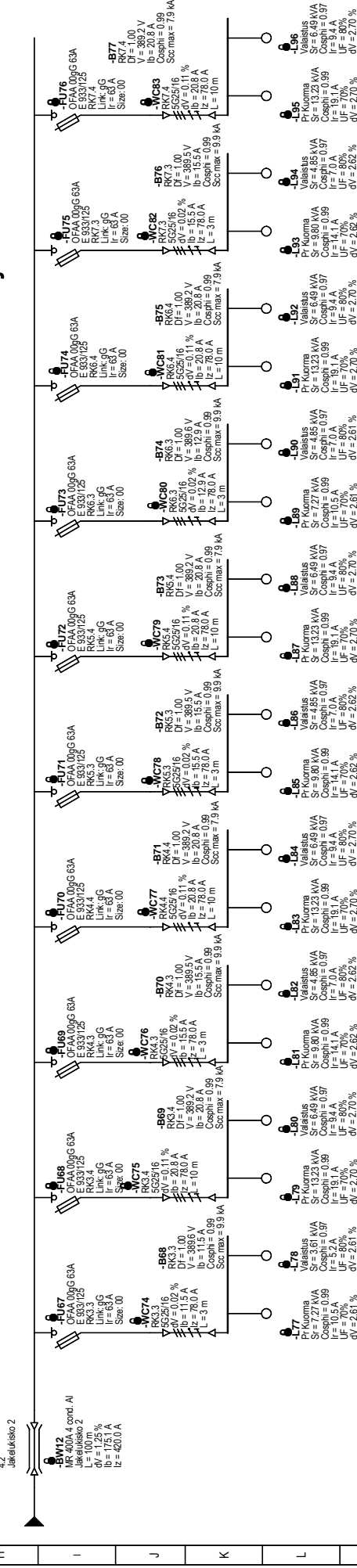


[illegible]

Jakelukisko 1 RKx.1 ja RKx.2 Krs.1-7



Jakelukisko 2 RKx.3 ja RKx.4 Krs.1-7

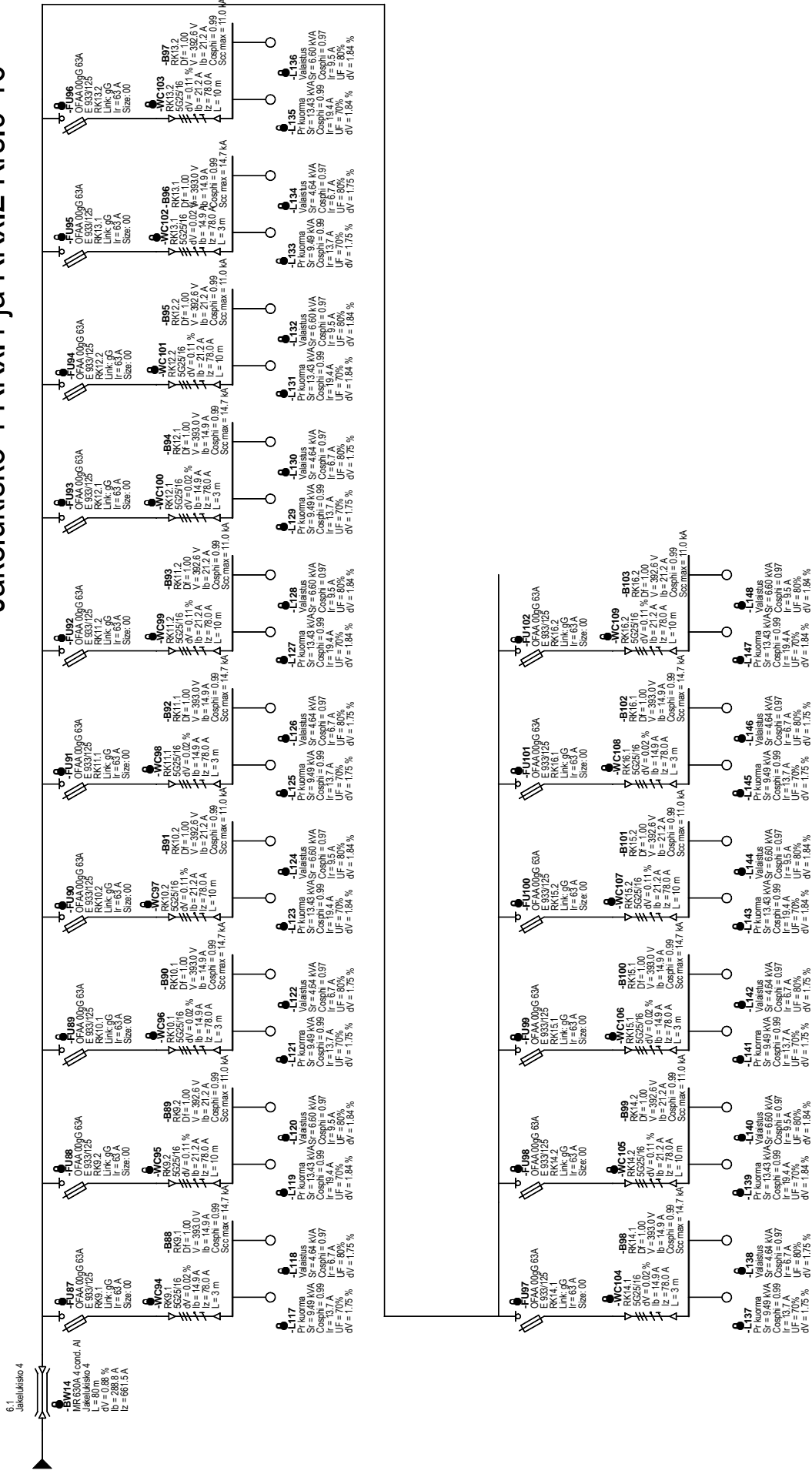
[illegible]

4.3 Jakelukisko 3



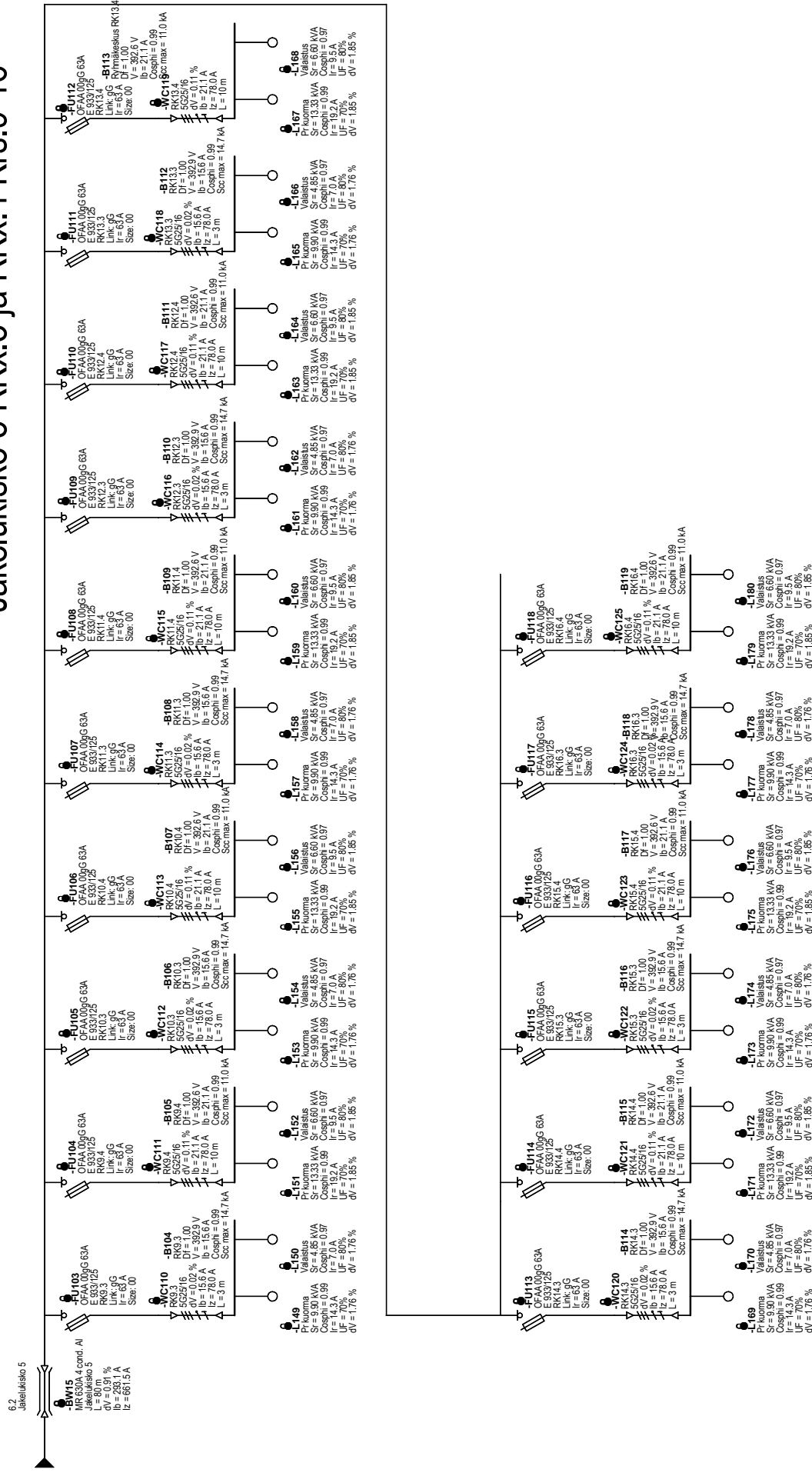
Rev. n°1		
Rev. n°2		
Rev. n°3		
REVISIONS	Date:	Sig:

Jakelukisko 4 RKx.1 ja RKx.2 Krs.9-16



Rev. n°1	Date:	2-4-2012	Description Kaitareita Tower Paljakkulun mitalus	Customer: Insinöörimasto SRS-Salmu Oy	Drawing number:	
Rev. n°2	Drafter:				Sheet:	12
Rev. n°3	Design:	Arto Saari			Next sheet:	13
REVISIONS			Signatures	Serial:	Sheets:	16

Jakelukisko 5 RKx.3 ja RKx.4 Krs.9-16



Rev. n°1					Description Kelliaranta Tower Pääjällelu mitalius	Customer: Project: File: Serial:	Insinööri Insinööri Insinööri Insinööri	Drawing number:
Rev. n°2								
Rev. n°3								
REVISIONS	Date:	Signatures	Approval:					

6.3



Rev. n°1		
Rev. n°2		
Rev. n°3		
REVISIONS	Date:	Signature:

